# ATLANTE
# ASTRONOMICO



## XXXIX TAVOLE MINIATE

CON TESTO E ILLUSTRAZIONI

DI

GIOVANNI CELORIA

II ASTRONOMO

DELLA SPECOLA REALE DI MILANO.



ULRICO HOEPLI

EDITORE-LIBRAJO DELLA REAL CASA

MILANO.

# PREFAZIONE.

Se d'una cosa ha difetto l'Italia è, parmi, di amatori della scienza, di scienziati dilettanti, i quali seguano nelle sue diverse fasi il movimento scientifico, formino nel campo delle scienze un pubblico intelligente ed illuminato, e producano nel paese una opinione pubblica scientifica, una critica scientifica consciente dinanzi alla quale anche i più forti scienziati debbano inchinarsi. Contribuire a formar questo pubblico è appunto uno degli intenti della presente pubblicazione. Di essa il testo è mio, le tavole sono tratte da altra e splendida pubblicazione del professore Weiss, direttore dell'Osservatorio di Vienna.

Nel testo io mi studiai di rimanere sempre entro i confini della scienza vera e rigorosa, evitando solo di questa i dettagli tecnici, e ciò per due ragioni. La prima, che io non so capire il romanzo scientifico, il quale, a dir vero, fa fortuna presso un solo popolo; la seconda, che io credo non trovisi nel romanzo tutta la magnificenza che esiste nella realtà cosmica, spoglia di tutti gli ornamenti vani e contemplata senza velo nella sua purezza.

Se con ciò io sia riescito a fare un libro leggibile da tutti, o almeno dai più, non so. Io so solo che la buona intenzione ce la misi tutta, ma, pur troppo, di buone intenzioni il mondo degli uomini è già pieno.

Milano, agosto 1890.

G. CELORIA.

# INDICE DEL TESTO.

## Capitolo I. — IL SOLE.



## Capitolo II. — LA LUNA.



## Capitolo III. — SISTEMA PLANETARIO O SISTEMA DEL SOLE.

## Capitolo IV. — LE COMETE.



## Capitolo V. — LE METEORE LUMINOSE.



## Capitolo VI. — LE STELLE E LE NEBULOSE.

# INDICE DELLE TAVOLE.

## Capitolo I, pag. 1-7. — IL SOLE.



## Capitolo II, pag. 9-16. — LA LUNA.



## Capitolo III, pag. 17-28. — SISTEMA PLANETARIO O SISTEMA DEL SOLE.



## Capitolo IV, pag. 29-34. — LE COMETE.

## Capitolo V, pag. 35-39. — LE METEORE LUMINOSE.



## Capitolo VI, pag. 41-52. — LE STELLE E LE NEBULOSE.

Sole, macchie e facole quali appaiono in un cannochiale con debole ingrandimento.

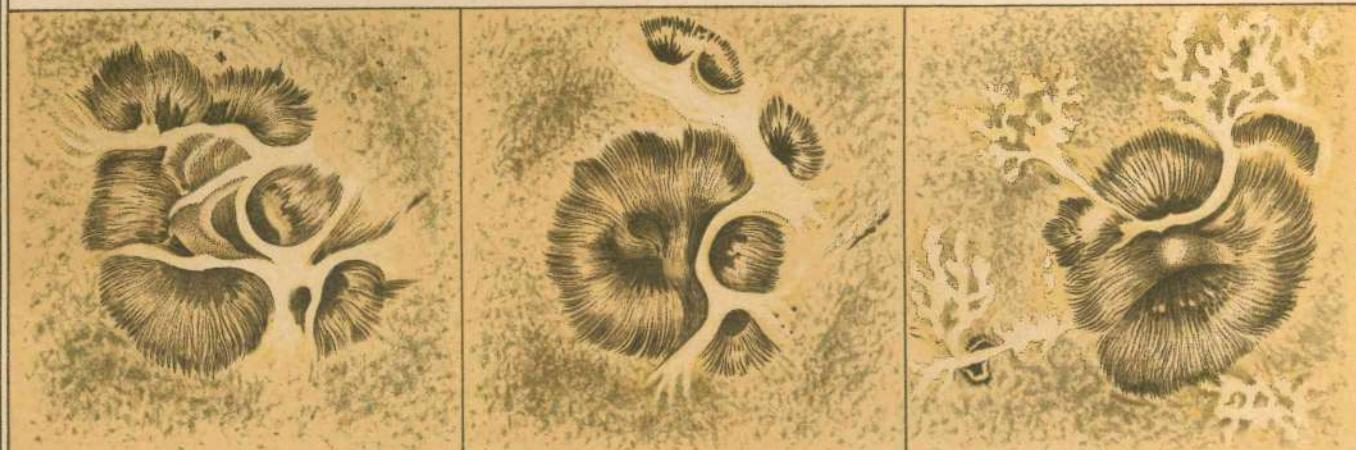
Atlante Astronomico.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Aspetto del Sole nei cannocchiali durante una sua eclissi totale.

Connessione delle protuberanze colle macchie solari. (fig. schematica).

Solite forme delle macchie solari minori.

Struttura d'una macchia solare spiriforme (6 Maggio 1857).

Variazioni d'una macchia solare osservate nei giorni 1, 2, 3 Aprile 1872.

Vasta macchia solare osservata il 24 Dicembre 1873.

A a B C D E b F G h

Spettro solare colle principali righe di Fraunhofer.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

# I. — IL SOLE.

1. Generalità. — 2. Fotosfera e sua struttura. — 3. Spettro del Sole e Spettroscopia. — 4. Natura della Fotosfera rivelata dalla Spettroscopia. — 5. Macchie e Facole. — 6. Distanza del Sole dalla Terra e dimensioni reali delle macchie. — 7. Moti sistematici delle macchie e rotazione del Sole. — 8. Periodo undecennale delle macchie e fenomeni terrestri corrispondenti. — 9. Eclissi totali di Sole. — 10. Cromosfera e protuberanze. — 11. Corona. — 12. Calore irradiato, temperatura, costituzione fisica del Sole.

1. Il Sole illumina i nostri orizzonti e dissemina sovr'essi colori vari, contrasti mirabili di luci e di ombre; riscalda la nostra atmosfera, i nostri terreni e vi eccita energie occulte, latenti, indispensabili alla vita che sotto forme molteplici si esplica nei regni vegetale ed animale; col suo moto apparente calmo ed imperturbato, col suo sorgere e col suo tramontare perpetuo segna il tempo che passa senza restare mai, ed è la base della Cronologia. Il Sole è luce, calore, energia, vita; astro benefico, fu in ogni tempo riguardato dagli uomini con sentimento religioso, adorato dai popoli primitivi, salutato da sacerdoti e da poeti con nomi pieni di misticismo, chiamato il Dio dalle chiome d'oro, il più potente dei re, il Dio degli dei, l'occhio splendente dell'universo, il ministro maggiore della natura...

2. Il Sole abbaglia, nè occhio d'uomo regge ai suoi dardi infocati. Per fissarlo bisogna usare un vetro piano affumicato; per guardarlo con un cannocchiale piccolo si deve apporre all'oculare di questo un vetro piano colorato; per osservarlo con uno dei grandi cannocchiali d'oggi giorno si ricorre ad un oculare polarizzatore, se ne guarda cioè l'immagine riflessa successivamente più volte, fino a renderla sopportabile ed innocua all'occhio.

La superficie luminosa, *fotosfera,* che apparentemente contermina il Sole, non è continua ed uniforme. È invece disuguale, sparsa di punti lucentissimi, *granuli*, separati fra loro da interstizii meno lucidi, per contrasto oscuri, quasi neri in apparenza. Più che una *fotosfera,* la si dovrebbe dire una *rete fotosferica,* poichè il suo fondo generale oscuro, disseminato di *granuli* lucidi, discontinui, presenta appunto l'aspetto di una rete a maglie molto minute.

I *granuli,* pel loro grande splendore, risaltano come punti di fuoco sulla *fotosfera;* se ne incontrano su questa per ogni dove; hanno un'esistenza propria e indipendente, ma hanno insieme una tendenza marcatissima a riunirsi, come se dominati da attrazioni reciproche; talora si radunano in gruppi di due, tre... dieci e formano *grani* pel loro aspetto detti *di riso,* talora si dispongono in lunghe serie e solcano la fotosfera con fili luminosi. Caratteri loro precipui sono lo splendore e la mobilità, e queste qualità caratteristiche essi comunicano alla *fotosfera,* la quale è sempre e tutta agitata da moti grandiosi, a intervalli violentissimi.

Della *fotosfera* solare e de' suoi dettagli si ottengono da qualche anno belle fotografie. Sono prove che rappresentano il Sole come un disco largo 30 centimetri, che richiedono una durata di esposizione brevissima, di appena un duemillesimo di minuto secondo, che abbisognano di processi delicati e speciali sia nella preparazione delle lastre sensibili, che nello sviluppo delle immagini.

3. La luce solare è complessa, formata cioè dalla riunione di luci di colore diverso. Se infatti si fa passare un raggio di Sole attraverso una fessura sottile, e lo si fa cadere sopra un prisma di vetro, esso, attraversando il prisma, si decompone nei colori dell'iride, e produce una specie di nastro colorato, *spettro,* nel quale con bellissimo effetto (tav. II) il rosso, l'aranciato, il giallo, il verde, l'azzurro, l'indaco, il violetto si susseguono distinti. V'è una scienza che indaga e studia lo spettro del Sole, così come quello d'ogni altra sorgente di luce. I suoi strumenti sono gli *spettroscopii,* il suo nome è *Spettroscopia;* di essa i precipui fatti fondamentali sono i seguenti.

Lo spettro del Sole, visto con un cannocchiale, appare solcato trasversalmente da sottili righe oscure, righe di Fraunhofer (tav. II), le quali conservano sempre fra di loro i medesimi rapporti d'ordine e di intensità, ed occupano sempre le stesse posizioni relativamente ai colori dello spettro.

Lo spettro prodotto dai vapori incandescenti di un metallo è un nastro, una fascia oscura interrotta da righe trasversali lucide e colorate, righe di Wheatstone (tav. III), le quali hanno caratteri speciali di posizione e di colore dipendenti dalla natura del metallo dal quale emanano. Sono così marcati questi caratteri, che si possono facilmente distinguere i metalli gli uni dagli altri per mezzo dello spettro da essi prodotto.

Ogni sostanza assorbe quei raggi medesimi, cui essa emetterebbe se fosse in istato luminoso. Il sodio ad esempio allo stato luminoso produce nello spettro due righe gialle caratteristiche, allo stato di vapore, attraversato da un raggio di luce prima che questo raggiunga il prisma, produce nello spettro righe oscure esattamente là dove prima produceva le gialle; le righe lucide e gialle dapprima si cambiano, si *rovesciano* in righe oscure dappoi; l'idrogeno ha fra l'altre una riga rossa caratteristica, la riga *C* dello spettro nella tav. III, e questa pure si rovescia in una riga oscura, la riga *C* della tav. II.

Ogni materia semplicemente incandescente dà uno spettro continuo; quando si ottiene uno spettro discontinuo si ha certamente a fare con materia gasosa.

4. Coi pochi principii di Spettroscopia esposti non è difficile rendersi ragione del come siasi potuto dimostrare nel Sole l'esistenza di alcuni dei metalli terrestri, del sodio, del potassio, del magnesio... Basta a ciò osservare contemporaneamente, giustapporre lo spettro di uno di questi metalli bruciato ad un'alta temperatura e quello del Sole. Se una riga oscura di questo corrisponde ad una lucida del primo, forza è ammettere che il raggio luminoso partito dal Sole ha attraversato un'atmosfera contenente vapore di quel metallo stesso, e che nel Sole questo vapore metallico esiste.

Per tal modo vengono implicitamente ad essere insieme spiegate le righe oscure di Fraunhofer nello spettro solare. Esse sono una conseguenza dei vapori metallici esistenti sul Sole, i quali assorbono parte della luce che dal Sole emana; sono righe lucide dello spettro del Sole assorbite, *rovesciate* in oscure dai vapori metallici solari.

Sul Sole esiste quindi una superficie o meglio uno strato splendente, di temperatura altissima, che emette luce d'ogni natura. Al disopra di esso un altro strato esiste, di temperatura meno alta, ma tale ancora da mantenere allo stato di vapore metalli che sulla Terra s'incontrano allo stato solido. Lo strato lucido e di elevatissima temperatura è la fotosfera stessa; lo strato di meno alta temperatura, che avvolge la fotosfera, è il così detto strato o *guscio di rovesciamento.*

La fotosfera irradia luce d'ogni natura, e produce lo spettro luminoso del Sole; il guscio di rovesciamento assorbe co' suoi vapori parte dei raggi lucidi irradiati dalla fotosfera sottoposta, e produce le righe oscure dello spettro. La fotosfera che, oltre ad una altissima temperatura, ha una grande mobilità, molto probabilmente deve il suo potente splendore a nubi agitantisi in un mezzo trasparente, nubi formate da vapori di sostanze metalliche a temperature altissime, e per sè stesse luminose. La fotosfera è una nebbia lucente.

Il guscio di rovesciamento avvolge la fotosfera, è assai sottile, è quasi un'atmosfera formata di vapori metallici a temperature meno alte di quelle proprie alla fotosfera. Esso irradia una luce meno potente della fotosferica, e a fronte di questa scompare. Per qualche tempo si ammise che in esso tutto succedesse l'assorbimento causa delle righe di Fraunhofer. Taluni pensano ora invece che parte di questo assorbimento abbia luogo ad un livello più alto di quello del guscio di rovesciamento. Secondo costoro l'assorbimento della luce, che emana da un dato materiale della fotosfera, succede per gradi ed in istrati ad altezze diverse, e questi assorbimenti speciali, insieme riuniti, dan luogo al fenomeno completo accusato dalle righe di Fraunhofer.

5. I granuli, i grani di riso, i filamenti lucidi, la struttura retiforme sono i dettagli minori della fotosfera, rivelati solo da cannocchiali potenti. Le macchie e le facole invece sono già dominio di piccoli cannocchiali. Le facole (tav. I) appaiono più facilmente distinte verso il contorno del disco solare; così come i granuli hanno uno splendore vivissimo, e per esso risaltano sullo stesso fondo lucente della fotosfera; sono lunghe, sottili, ramificate, quasi venature lucide della fotosfera. Le macchie (tav. I) saltano all'occhio pel loro colore oscuro, e per la loro struttura complessa; sono sparse qua e là irregolarmente, talora isolate, talora a gruppi, spesso piccole in apparenza, a volte molto vaste; si sono osservate macchie larghe anche due minuti primi d'arco, la sedicesima parte circa del diametro apparente solare; si sono visti gruppi di macchie che di questo diametro prendevano più che la quarta parte. Le macchie del Sole furono in Italia scoperte da Galileo nel 1610, e con esse cominciarono le ricerche sistematiche sulla costituzione fisica del Sole.

Verso il mezzo delle macchie v'è sempre uno spazio oscurissimo e a contorno irregolare (nucleo); attorno al nucleo svolgesi una zona meno oscura (penombra), luminosa a mezzo, scanalata e prodotta da correnti di luce fotosferica separate da intervalli oscuri; un anello brillante accerchia la penombra, anello che splende più della fotosfera attigua, quasi un argine rilevato composto di numerose facole. È questa la macchia tipica, alla quale più o meno soltanto si avvicinano le forme ordinarie delle macchie osservate (tav. II), e ciò perchè queste forme di rado, anche per una stessa macchia, sono permanenti. Esse mutano sempre, sconvolte da moti intestini rapidi e vigorosi.

Alcune macchie si formano lentamente, altre appaiono d'un tratto. In alcune macchie le correnti della penombra convergono regolari verso il contorno del nucleo, in altre appaiono tortuose, fratturate, aggi-

rate, contorte come una matassa di fili attorcigliati (tav. II: macchia spiriforme del 6 Maggio 1857). Talora in una stessa macchia, e nucleo, e penombra, e tutto varia con una rapidità appena credibile (tavola II: macchia dell'Aprile 1872). A volte le grandi macchie sembrano dividersi realmente; la materia luminosa si precipita dal contorno della penombra verso l'interno del nucleo, e forma attraverso al medesimo, dividendolo in più parti, dei veri ponti di vivo splendore (tav. II: macchia del 24 Dicembre 1873). Senza dubbio le macchie sono conseguenze di forti agitazioni nella materia che compone il Sole, di burrasche che scuotono ed agitano la massa solare in una estensione considerevolissima. Nessuna maraviglia quindi che le forme loro sieno tanto mutabili, e si presentino accompagnate da dettagli che variano all'infinito.

6. La distanza che separa il Sole dalla Terra varia da giorno a giorno, ed il suo valore medio si ritiene ora generalmente uguale a 148,7, in numeri rotondi a 149 milioni di chilometri. Esiste tuttora in questo valore una incertezza grave, e che può stimarsi un duecentesimo del valore stesso, ma da questa incertezza può farsi astrazione nelle considerazioni elementari seguenti. Un angolo ampio un minuto secondo d'arco abbraccia coi suoi lati alla distanza del Sole una lunghezza di 720,7 chilometri; eppure esso è qualche cosa d'invisibile all'occhio nudo, è l'angolo sotto cui si vedrebbe un millimetro portato alla distanza di 206 metri dall'occhio, un decimo di millimetro alla distanza di metri 20,6.

I grani di riso della fotosfera, dei quali la grandezza apparente, ossia l'angolo sotto cui si vedono, oscilla fra uno e due secondi d'arco, in realtà hanno dimensioni che vanno da 720 a 1440 chilometri; i granuli, gli ultimi elementi visibili della fotosfera, grandi apparentemente una frazione di secondo d'arco, misurano in realtà centinaia di chilometri; le macchie maggiori, coi loro diametri apparenti di due minuti primi d'arco, sono in realtà larghe 86484 chilometri. Importa ripensare un istante questi pochi numeri, se si vuole avere in mente un concetto chiaro e concreto di quel che ancora siano gli ultimi dettagli che l'uomo vede sul Sole, e delle grandiose perturbazioni della materia solare alle quali accennano le macchie.

7. Oltre ai moti intestini che ne agitano la massa, le macchie hanno ancora alcuni movimenti sistematici, ai quali tutte indistintamente obbediscono. Così le acque dei nostri oceani, pure essendo talora sconvolte da intestine e gagliarde burrasche, non tralasciano perciò di partecipare alla rotazione generale della Terra intorno al proprio asse.

Alcune macchie, delle altre più tranquille e durature, vedonsi sorgere sull'orlo sinistro del Sole, muoversi lentamente verso l'orlo opposto, raggiungerlo il tredicesimo giorno dalla loro prima apparizione e scomparire dietr'esso. Tutte le macchie senza eccezione hanno un movimento analogo, il quale non può che appartenere all'intera massa del Sole, e dal quale si parte appunto per determinare la durata della rotazione di questo.

Il Sole, come la Terra, ruota intorno a sè stesso; la rotazion sua, per chi lo guarda dalla Terra, si fa da sinistra a destra intorno ad un asse inclinato all'eclittica, ossia al piano dell'orbita terrestre, di un angolo quasi retto (82° 45'), e si compie in un tempo ritenuto in media uguale a 25, 38 dei nostri giorni, press'a poco 25 giorni e 9 ore. Questa durata della rotazione solare è però molto incerta, nè intorno ad essa l'ultima parola fu ancora pronunziata. La ragione sta in ciò, che le macchie, fenomeni complessi e stranamente intralciati in tutto, non lo sono meno nei loro moti sistematici.

Anzitutto esse non danno una stessa velocità angolare di rotazione per tutti i paralleli del Sole. Mentre all'equatore solare la durata della rotazione data dalle macchie è di 25,2 giorni, a 45 gradi di latitudine essa è di giorni 27,7. Direbbesi che la velocità angolare di rotazione del Sole va diminuendo dall'equatore ai poli, ma anche questo può dirsi solo per induzione e non con certezza, poichè al di là di 52 gradi di latitudine non furono mai osservate macchie, nè mai si potè quindi verificare la rotazione del Sole vicino al suo polo.

Le macchie sono rarissime al di là del trentesimo grado di latitudine solare, rare del pari verso l'equatore, e si mostrano in più gran quantità in due zone, poste simmetricamente a nord ed a sud dell'equatore stesso, fra il decimo e il trentesimo grado di latitudine. Le macchie hanno anche in latitudine alcuni movimenti sistematici. Fra 5 e 20 gradi di latitudine nord, fra 10 e 15 di latitudine sud tali movimenti sono diretti verso l'equatore, trasportano cioè le macchie verso quest'ultimo. Fra 20 e 35 gradi di latitudine boreale, fra 15 e 30 di australe essi sono invece diretti verso il polo. I movimenti sistematici delle macchie paiono inoltre essere più rapidi nel periodo di loro formazione.

La grande complessità di tutti questi moti cospira colla grande mutabilità delle forme osservate per fare delle macchie un problema difficilissimo ed insoluto in gran parte, nè la scienza intorno ad esse, i fatti osservati esclusi, può gran che affermare con sicurezza. Certo è solo che lo spettro delle macchie è, con poche e piccole differenze, solcato trasversalmente dalle stesse righe oscure che lo spettro ordinario del Sole, e che nelle regioni delle macchie si hanno quindi le stesse emanazioni di luce e gli stessi assorbimenti che sulla rimanente fotosfera. Probabilissimo è ancora, quasi certo anzi, che le macchie sono cavità, e che le facole, i granuli e simili sono nella fotosfera ad un livello più alto che non esse. Probabile è infine che esse sieno semplici soluzioni di continuità, squarciature in quello strato di nubi e di vapori luminosi dai quali risulta la fotosfera, e che il nucleo loro sia la sede di una forza di aspirazione che attira le masse circostanti, le assorbe e

le dissolve. In questa ipotesi, che è la più generalmente ammessa, ma che ha essa pure il suo lato vulnerabile, le macchie sarebbero causate da colonne di gas che erompono dalle regioni solari sottoposte alla fotosfera, dall'interno stesso della massa solare con una temperatura molto superiore a quella della fotosfera stessa. Queste colonne calde, ascendenti aspirano e richiamano i materiali fotosferici attigui, e questi, che sono in istato di vapori condensati, entrando in una corrente di più alta temperatura, riprendono il loro stato di fluidi elastici, e divengono invisibili (oscuri) diventando trasparenti.

8. Non ogni mese nè ogni anno apporta con sè apparizioni analoghe di macchie; il numero di queste varia anzi di anno in anno in modo regolare e periodico, prendendo nell'intervallo di 11 anni circa (11,11) un valore massimo ed uno minimo. Questo periodo undecennale non va preso però in senso troppo stretto e rigoroso; esso più che altro è un periodo medio, dal quale ogni periodo singolo generalmente devia d'assai. Si ebbero massimi di macchie separati da un intervallo di 16 anni e mezzo, se ne ebbero altri lontani solo 7 anni e mezzo, e questi periodi più brevi si distinsero per maggiore intensità di fenomeni maculari.

La periodicità delle macchie suppone variazioni periodiche nell'intensità dei commovimenti della materia solare che ne sono la causa, o, come suolsi dire, nell'attività solare. Di quale natura sieno queste variazioni non è ben chiaro, tanto più che esse, oltre che al periodo undecennale, paiono soggette a due altri periodi, l'uno di 55, l'altro di 222 anni. Non è inverosimile che la formazione delle macchie dipenda in qualche modo dalle posizioni rispettive dei pianeti, ma quest'idea, sostenuta già da Galileo e certo non priva di fondamento, non può dirsi per ora abbastanza dimostrata.

Le macchie devono necessariamente influire sulla intensità delle irradiazioni luminose e termiche del Sole, ma in qual modo e misura influiscano bene non si sa, nè meglio si conosce ancora quali influenze esse poi abbiano sul nostro tempo. Pare che i massimi di macchie sieno accompagnati da più copiose pioggie e da più intensi commovimenti della nostra atmosfera, ma le dimostrazioni che si danno di queste corrispondenze non mancano di lati deboli. Certo è solo che il periodo di 11 anni, al quale obbediscono le apparizioni delle macchie, coincide assai bene colla variazione della forza magnetica terrestre. Di qual natura sia il vincolo che lega i due ordini di fatti è tuttora un arcano, sostenendo alcuni un'azione diretta del Sole sul magnetismo terrestre, sostenendo altri che il Sole, solo in modo indiretto, può fare su di questo sentire la sua azione.

9. La Luna, portata dal suo moto, viene di quando in quando a porsi esattamente fra la Terra ed il Sole, in modo da coprire col suo corpo opaco l'intero disco solare, e totalmente offuscarlo per alcune regioni terrestri. Succede allora un'eclissi totale di Sole; a poco a poco la Luna si avanza sul disco solare, e appena l'ultima falce di questo scompare, comincia la fase detta totalità, fase che dura poco, sei minuti primi al più, ordinariamente due circa. È un fenomeno abbastanza frequente ed attraentissimo, e del quale una delle figure della tav. I e la tav. XII danno qualche concetto concreto. Il cielo assume un color plumbeo speciale, e solo all'orizzonte appare di un rosso-aranciato insolito; le stelle maggiori brillano qua e là; la temperatura dell'aria discende di qualche grado; alcune nubecule si disseminano per l'orizzonte; una brezza sensibile prende a spirare; qualche cosa di indefinibile serpeggia negli animali e in tutta la natura vivente. Questo l'ambiente generale, il fondo del quadro. Nel suo mezzo, al posto del Sole, campeggia il corpo opaco della Luna, coll'apparenza d'un disco color nero d'inchiostro, circondato da un'aureola (corona) debolmente luminosa, bianca, argentea, qualche volta perfettamente simmetrica[1], qualche altra stranissimamente dissimmetrica, nel suo insieme un'apparenza brillante sempre. Risulta d'un sottile anello bianco argenteo vivo, aderente al contorno del disco lunare; da esso anello partono raggi pallidi, divergenti, che si protendono a distanze diverse e variabili; in esso qua e là fiamme rosee (protuberanze) prendono tratti diversamente lunghi del contorno del nero disco lunare, quasi montagne e catene infocate che da questo si innalzino. E corona e protuberanze sono parti del Sole ordinariamente invisibili; la luce soverchia, non le tenebre, nasconde in questo caso il vero.

10. La luce delle protuberanze appare semplice (monocromatica), ma non è abbastanza intensa per vincere la luce diurna diffusa nella nostra atmosfera. Nel 1868 si pensò che, smorzando in qualche modo quest'ultima, sarebbesi resa sensibile e visibile la prima, e si trovò che a raggiungere questo scopo bastava l'uso dello spettroscopio. Da quel giorno le protuberanze diventarono fenomeni suscettibili di osservazioni continue; tenendo la fessura dello spettroscopio tangente o perpendicolare all'orlo del Sole si potè constatare ad ogni momento la loro presenza; aprendo alquanto la fessura stessa si riuscì a vedere collo spettroscopio la loro immagine completa; con opportune modificazioni dello spettroscopio si potè osservare ad un tempo le macchie, una parte del disco solare e le protuberanze. Si potè allora dimostrare che quei tratti rosei, visti durante le eclissi, fanno parte di un anello continuo (cromosfera), che avvolge da ogni parte il Sole, e dal quale le protuberanze si sollevano. E cromosfera e protuberanze sono parti integrali del Sole; quella come un guscio ne avvolge lo strato di rovesciamento e la fotosfera, queste si staccano dalla cromosfera e sono un fenomeno solare ordinario.

Le protuberanze hanno uno spettro discontinuo (tav. III) nel quale predominano le righe caratteristiche dell'idrogeno. Di ogni protuberanza si ottengono nello spettroscopio tre immagini (una rossa,

Forme diverse di protuberanze.

Forme diverse di protuberanze.

Rapide variazioni di una protuberanza osservate il 7 Settembre 1871 nell' intervallo di 25 minuti.

Gruppo di protuberanze massime.

Spettro delle protuberanze.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

una verde, una azzurra intensa) corrispondenti ad altrettante righe lucide dell'idrogeno; ma di queste la rossa-carminio corrispondente alla riga $C$ (tav. III) è di gran lunga la più intensa e viva, ed è quella che ne caratterizza il colore e che sempre si riproduce nei disegni (tav. III). Analogo è lo spettro della cromosfera, ed essa e le protuberanze sono quindi masse gasose, formate in gran parte d'idrogeno. Questo rappresenta il loro materiale costante e che non manca mai, ma dell'una e delle altre la composizione chimica è assai più ricca. Si incontrano nei loro spettri di frequente le righe lucide corrispondenti al magnesio, al ferro, al sodio, al titanio, al calcio, al bario, al nichelio, al cromo, al rame, e sempre si incontra inoltre vicino alle righe del sodio, più a destra di esse, una riga gialla, per qualche tempo colla $D$ (tav. II) del sodio confusa, ed ora distinta colla lettera $D_3$ ($D$ nella tav. III), riga caratteristica d'una materia ignota sulla Terra e che gli astronomi chiamano *helium*. L'idrogeno e l'helium sono i due costituenti principali e costanti della cromosfera e delle protuberanze, le regioni per data di scoperta più recenti del Sole.

La cromosfera alla sua base appare terminata regolarmente in arco circolare; alla sommità sua si mostra ordinariamente irregolare; la sua struttura è filamentosa, quasi risultasse da un fascio di tanti getti sottili di luce; il suo splendore varia nelle diverse sue parti e nei diversi tempi, ed è comunemente intensissimo nelle località delle macchie; la sua altezza varia essa pure nelle diverse parti del contorno solare: ordinariamente più alta vicino ai poli che non all'equatore, non supera in generale i 12 secondi d'arco (8648 chilometri) ed ha oscillazioni corrispondenti al diverso grado di attività solare. Essa è qualche cosa di caratteristico pel Sole, e la sua distribuzione irregolare sulla superficie di questo, e la sua struttura ne fanno un oggetto ben distinto da una atmosfera nel senso ordinario della parola: probabilmente essa è prodotta da eruzioni continue.

Nella indefinita varietà di forme delle protuberanze (tav. III) si fanno principalmente notare i tipi seguenti: getti ben definiti, sottili ed isolati; getti riuniti in gruppi; getti con diramazioni e diffusioni; getti a grande sezione, colonne o piramidi nuvolose isolate; getti e colonne nuvolose riunite a gruppi, intrecciate alla sommità da archi nuvolosi; masse nuvolose irregolari appoggiate sul disco solare; masse o nubi staccate dal contorno del Sole. Fra quelle che han forma di nubi e quelle che di fiamma vi sono differenze caratteristiche; le prime sono formate solo di idrogeno e di helium, le seconde hanno composizioni chimiche più ricche: queste sono connesse colle macchie, hanno lo stesso periodo, e sono limitate pressochè alle stesse zone; quelle arrivano sino ai poli. Le fiamme, e in generale le protuberanze alte corrispondono a regioni fotosferiche nelle quali notansi le maggiori facole, sì che le une e le altre paiono legate da un qualche vincolo (fig. schem. della tav. I). Le protuberanze si spingono ad altezze apparenti notevoli: sopra cento, 18 raggiungono o superano l'altezza d'un minuto primo d'arco (43242 chilometri); sopra mille, 28 circa raggiungono o superano l'altezza di 2 primi; sopra dieci mila, 47 circa raggiungono o superano l'altezza di 3 primi; sono straordinarie ed eccezionali le altezze loro superiori a 4 primi, e le loro altezze massime stanno fra i 6 ed i 7 primi.

Nelle protuberanze si osservano movimenti di straordinaria velocità, trasporti vertiginosi di materiali. Esse non possono essere semplici sollevamenti della cromosfera, nè i loro fenomeni possono spiegarsi colla diffusione e coll'espansione di gas in un mezzo rarefatto. Esse sono vere esplosioni del corpo solare, e i loro materiali di eruzione pare portino nel proprio seno cause gagliarde, elettriche forse, di smembramento e di dissoluzione.

11. Per lungo tempo si ebbero intorno alla corona (tav. XII) opinioni divise, ritenendola alcuni un fenomeno d'origine terrestre, attribuendola altri del tutto al Sole. Durante l'eclissi del 1871 fu provato che lo spettro della corona presenta alcune delle righe di Fraunhofer, e contiene inoltre parecchie righe lucide, fra l'altre le righe dell'idrogeno ed una riga verde di materia ignota (coronio), la riga 1474 dello spettro di Kirchoff. La corona non è quindi un'apparenza ottica, non è un semplice fenomeno di riflessione o di diffrazione, nel qual caso il suo non potrebbe essere che uno spettro solare pallido ed indebolito. Essa è un fenomeno d'origine interamente e unicamente solare, e, al di sopra della fotosfera e della cromosfera, essa forma un ultimo guscio attorno al Sole. La sua costituzione è complessa: risulta in parte di gas lucenti, in ispecie di idrogeno e di coronio, in parte di materiali minutissimi i quali splendono di luce continua così riflessa come propria. Ne è prova lo spettro suo nel quale i caratteri dello spettro solare sono affatto secondarii, e nel quale si riproducono integralmente i caratteri dello spettro dei gas delle protuberanze e della materia ignota coronio.

La corona col cambiare dell'attività solare muta e spettro e forma. Quando le macchie sono in un momento di minimo, quando la cromosfera essa pure è in istato di quiete relativa e le protuberanze sono poche e piccole, vedonsi appena nello spettro coronale le sue righe lucide, e l'attenzione degli osservatori è per intero attratta dallo spettro continuo prodotto dalla luce emessa o riflessa dai rimanenti materiali minutissimi solidi o fluidi della corona. Quando l'attività solare si esalta, quando il numero delle macchie è massimo e la superficie del Sole è in pieno sconvolgimento, allora impallidisce, scompare quasi dallo spettro coronale lo spettro continuo, ed in esso diventano invece cospicue e predominanti le sue righe lucide. Direbbesi che gli elementi gasosi della corona ora sospinti da gagliarde ripulsioni si spingono a grandi altezze nella corona, ora obbediscono invece all'attrazione del Sole, discendono e

si raccolgono nelle parti basse della corona stessa; nell'un caso le loro righe lucide divengono predominanti nello spettro, nell'altro si affievoliscono e quasi scompaiono.

Anche l'aspetto generale della corona muta, se diversamente intensi sono i commovimenti della fotosfera e della cromosfera solare. Durante le eclissi che avvengono nel periodo della massima attività solare, essa acquista un maggior splendore, e si svolge quasi simmetrica tutt'attorno al Sole. Se l'eclissi succede in un momento di minimo delle macchie, essa appar più pallida, e stranamente dissimmetrica rispetto al contorno del Sole. Appunto durante queste ultime eclissi si sono veduti slanciarsi al di sopra del contorno esterno della corona, a distanze grandissime, degli strascichi immensi (tav. XII) di luce persistente (pennacchi). Quel che precisamente sieno questi pennacchi la scienza non lo sa ancora. Se sieno una dipendenza della corona oppure sciami meteorici che gravitino attorno al Sole, se abbiano o no qualche attinenza reale colla luce zodiacale (cap. V par. 10) a cui per più riguardi somigliano, non si sa dire. Finora non si è trovato modo sicuro di osservare la corona indipendentemente dalle eclissi. Qualche tentativo fatto per fotografare di pieno giorno la corona non riuscì appieno, e questo necessariamente fa che con maggior lentezza si svolgano le nostre cognizioni intorno alla corona. Certo è che essa fa parte integrante del Sole, ma che non è di questo un'atmosfera propriamente detta. Essa non preme sulla superficie del Sole, nè esercita sui proprii elementi gasosi una pressione crescente coll'avvicinarsi dei medesimi alla superficie stessa; essa non prende parte alla rotazione del Sole, e i materiali onde risulta devono [essere tenuissimi, sì che le comete (cap. IV par. 6) li attraversano senza risentire perturbazioni sensibili.

12. Il Sole riscalda, e lo insegna a tutti l'esperienza d'ogni giorno. Si è provato che i raggi solari, i quali cadono verticalmente sopra un centimetro quadrato di superficie terrestre, sono capaci in un minuto di tempo di aumentare di un grado centigrado la temperatura di quasi due (1,7633) grammi d'acqua, e questa quantità di calore fu chiamata la costante solare. Dietr'essa fu calcolato, che il calore solare ricevuto dalla Terra durante un anno basterebbe a sciogliere un guscio di ghiaccio spesso metri 30,89 che tutta avvolgesse la superficie terrestre. Le ricerche recenti portano il numero 1,7633 a 2,54, a 2,85 e anche più, e tutte accennano a dare un maggiore piuttosto che minor concetto dell'energia termica del Sole.

Si direbbe cosa facile risalire da questo calore, che il Sole irradia e che l'esperienza dimostra, alla temperatura solare. Così non è. Noi possiam dire di ignorarla ancora questa temperatura, poichè le numerose ricerche fatte intorno ad essa conducono a risultati concreti troppo discordi, a numeri che da una parte oscillano fra 1398 e 20380 gradi centigradi, dall'altra cominciano da 4 milioni di gradi e vanno fino a 7 milioni e assai più. La ragione precipua sta in questo, che noi non conosciamo ancora il rapporto fra la temperatura di un corpo e il suo potere di irradiazione, e che l'esperimento nulla può insegnarci circa questo rapporto che possa con sicurezza applicarsi al Sole, tanto potente è in questo l'energia termica e tanto è superiore alle energie sperimentabili. Un'altra ragione, sebbene di minor importanza, sta ancora in ciò che il Sole splende meno verso il suo contorno, più verso il mezzo del suo disco, fatto il quale accenna ad un assorbimento (di cui la misura ci è ignota) della luce e del calore fotosferico solare prodotto da un mezzo che del Sole avvolge la fotosfera.

Si tentò di risalire alla temperatura del Sole partendo, non dal suo calore irradiato, ma dalla teoria meccanica del calore e dai getti di materia gasosa, quali le protuberanze, che sul Sole si osservano. Anche per questa via si ottennero però risultati troppo diversi fra loro, poichè non bene si conoscono le circostanze di fatto che accompagnano lo svolgimento delle protuberanze.

Del Sole, pel punto di vista stesso dal quale siam costretti a studiarlo, noi conosciamo poco più che i fenomeni superficiali. Grazie alla diafanità della corona e della cromosfera, il nostro occhio può spingersi fino alla fotosfera, ma oltre questa tutto è occulto. Risalire dai fenomeni superficiali, imperfettamente noti, alla intiera massa del Sole, dire, anche solo a grandi tratti, quale sia la costituzione fisica di esso, diventa quindi un problema difficilissimo, e intorno al quale più che il vero si professano opinioni. Sommariamente le principali fra le teorie fisiche del Sole si possono così schizzare.

Il Sole è un corpo freddo ed oscuro, circondato da un sottile guscio gasoso, nel quale forze fisiche speciali svolgono incessantemente luce e calore. Dal suo nucleo solido partono eruzioni gasose, che formano le macchie.

Il Sole è un globo liquido incandescente, sul quale appaiono delle scorie, come sopra un bagno di metallo in fusione.

Il Sole è una massa gasosa ad una temperatura di milioni di gradi, continuamente agitata da eruzioni: le sue macchie sono dovute direttamente a queste eruzioni, o indirettamente alle deiezioni loro.

La temperatura eccettuata, il Sole è fatto come la Terra: esso ha un'atmosfera come la nostra, dei venti alizei come i nostri, delle nubi come le nostre, anzi delle nubi sovrapposte.

Il Sole ha la sensibilità, l'impressionabilità delle materie esplodenti, e le più deboli azioni, quelle ad esempio dei pianeti Giove, Terra, Venere, bastano ad eccitare i fenomeni grandiosi della sua superficie.

Il nucleo solido e freddo del Sole è circondato da più gusci gasosi. Nel guscio esterno, sotto l'influenza di venti costanti, si formano dei turbini, che pene-

trano talora nei gusci sottoposti, nella fotosfera cioè e nella regione delle penombre.

Il Sole è un corpo riscaldato dall'urto incessante dei meteoriti che cadono sulla sua superficie.

Il Sole è un corpo combustibile, che da un certo tempo brucia in un'atmosfera ossidante.

Ci vorrebbe un volume a fare di queste teorie una rassegna critica. Tutte, quali più quali meno, hanno un fianco vulnerabile; due fra esse sono le più universalmente oggi accettate: quella che fa del Sole un globo liquido incandescente, l'altra che lo ritiene una massa gasosa. Il Sole gasoso ha anzi il più gran numero e i più strenui difensori.

Liquido o gasoso che sia il Sole, è desso una sorgente di luce e di calore inesauribile? A questa domanda, così grave e così importante per l'avvenire della vita sulla Terra, la scienza non può dare finora una risposta adeguata. Anche intorno ad essa non si hanno che opinioni più o meno fondate. Alcuni pensano, e non senza gravi ragioni, che il Sole deve col tempo necessariamente spegnersi, che nel Sistema solare esistono soltanto le condizioni di stabilità meccanica, che in esso, spento il Sole, si spegnerà la vita, e che allora esso continuerà ad esistere come Sistema spento. Pensano altri che il calore del Sole possa dipendere da uno di quei circoli non infrequenti in natura, e che il calorico da esso irradiato, invece che andar disperso nello spazio e perduto irrevocabilmente pel nostro Sistema, ad esso Sole torni sott'altra forma, per ivi continuare e perpetuare l'irradiamento incessante di luce e di calore. Non è possibile affermare che la ragione intiera stia dall'una piuttosto che dall'altra parte; questo solo si può affermare a sollievo dell'umanità affannosa, ed è, che, se la temperatura del Sole varia, essa finora varia solo di quantità insensibile ai nostri mezzi di osservazione. Nè la Cina, nè la Palestina, nè la Grecia, nè il Mar Nero, nè l'alto Egitto hanno in migliaia d'anni cambiato sensibilmente, quanto a temperatura, di clima. Si può dimostrare, per mezzo del moto di rotazione della Terra rimasto uguale a sè stesso fin dai tempi di Ipparco, che in due mila anni e più la temperatura generale della massa terrestre non ha pur variato di un decimo di grado.

| | | |
|---|---|---|
| 1. Short | 6358 | Metri. |
| 2. Newton | 6898 | „ |
| 3. Casatus | 6471 | „ |
| 4. Curtius | 8831 | „ |
| 5. Blankanus | 5079 | „ |
| 6. Clavius | 5015 | „ |
| 7. Phocylides | 2584 | „ |
| 8. Maurolico | 4504 | „ |
| 9. Tycho | 6098 | „ |
| 10. Schickard | 2764 | „ |
| 11. Aliacensis | 4387 | „ |
| 12. Werner | 4867 | „ |
| 13. Campanus | 1920 | „ |
| 14. Petavius | 3613 | „ |
| 15. Fracastoro | 2594 | „ |

| | | |
|---|---|---|
| 32. Godin | 2261 | Metri. |
| 33. Agrippa | 2422 | „ |
| 34. Ariadeus | — | „ |
| 35. Hyginus | — | „ |
| 36. Reinhold | 2725 | „ |
| 37. Hevelius | 3255 | „ |
| 38. Julius Caesar | 1614 | „ |
| 39. Copernicus | 4510 | „ |
| 40. Kepplerus | 2799 | „ |
| 41. Plinius | 2637 | „ |
| 42. Manilius | 2333 | „ |
| 43. Erathosthenes | 4601 | „ |
| 44. Marius | 1364 | „ |
| 45. Macrobius | 4679 | „ |
| 46. Bessel | 1278 | „ |
| 47. Kleomedes | 3615 | „ |
| 48. Linneo | — | „ |



Carta del

Polo Süd

| | | |
|---|---|---|
| 16. Bullialdus . . | 3216 | Metri. |
| 17. Catharina . . . | 5313 | " |
| 18. Arzachel . . . | 3099 | " |
| 19. Alpetragius . . | 3220 | " |
| 20. Alphonsus . . | 2144 | " |
| 21. Gassendi . . . | 2541 | " |
| 22. Theophilus . . | 4917 | " |
| 23. Albategnius . . | 3399 | " |
| 24. Ptolemaeus . . | 3266 | " |
| 25. Parry . . . . | 1483 | " |
| 26. Bonpland . . . | — | " |
| 27. Fra Mauro . . | 1859 | " |
| 28. Messier . . . | 2066 | " |
| 29. Delambre . . | 4340 | " |
| 30. Grimaldi . . . | 3097 | " |
| 31. Riccioli . . . | 3436 | " |

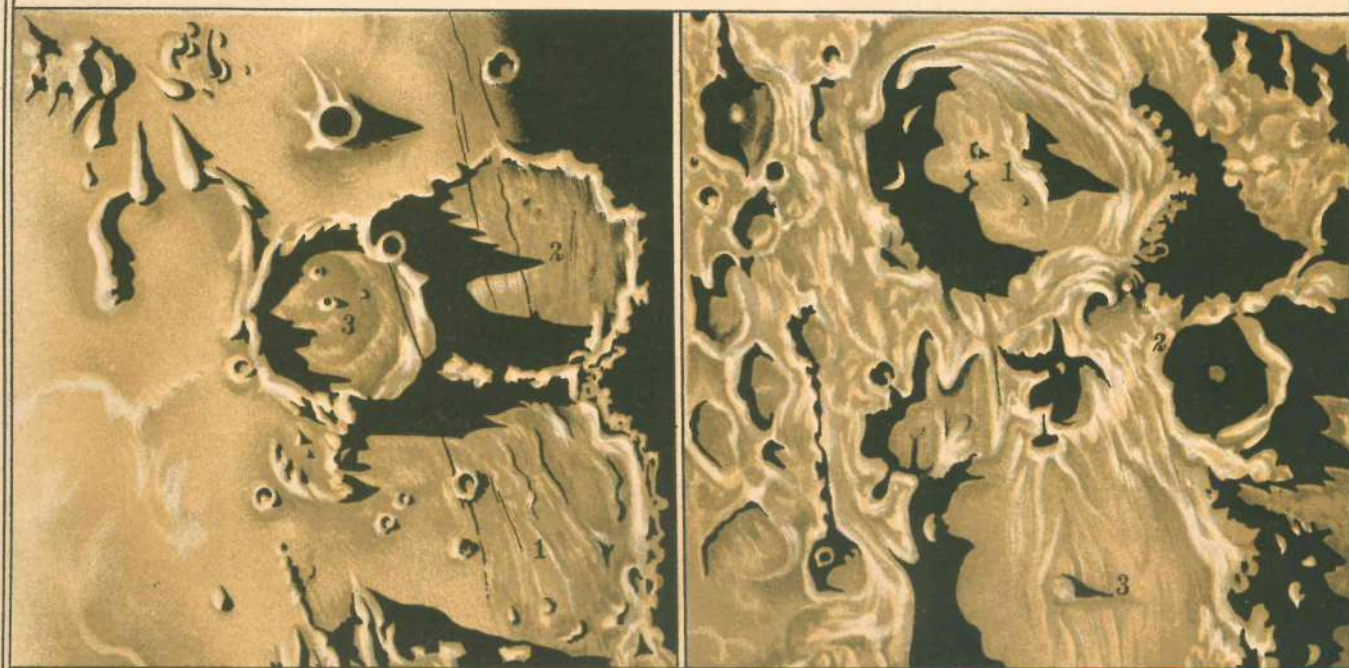
| | | |
|---|---|---|
| 49. Archimedes . . | 2081 | Metri. |
| 50. Timocharis . . | 2545 | " |
| 51. Lambert . . . | 2214 | " |
| 52. Eulerus . . . | 2226 | " |
| 53. Aristarchus . . | 2091 | " |
| 54. Posidonius . . | 2042 | " |
| 55. Antolycus . . . | 3033 | " |
| 56. Aristyllus . . . | 3229 | " |
| 57. Helikon . . . | 1832 | " |
| 58. Mairan. . . . | 2760 | " |
| 59. Atlas . . . . | 3177 | " |
| 60. Hercules . . . | 1736 | " |
| 61. Eudoxus . . . | 4968 | " |
| 62. Aristoteles . . | 3487 | " |
| 63. Plato . . . . | 2801 | " |
| 64. Endymion . . | 4508 | " |
| 65. Harpalus . . . | 4831 | " |

Polo Nord.

della Luna.

Ulrico Hoepli, Editore Libraio della Real casa.

Luna falcata, 3 giorni dopo il novilunio.

Atlante Astronomico. Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Regione lunare intorno a Fra Mauro (1), Bonpland (2), e Parry (3) durante il sorgere del Sole.

Regione lunare intorno ad Arzachel (1), Alpetragius (2), ed Alphonsus (3) allo spuntar del Sole.

# II. — LA LUNA.

1. Fasi della Luna. — 2. Apparenze della superficie lunare nelle diverse fasi. — 3. Luce cinerea. — 4. Emisfero visibile della Luna e librazione. — 5. Carte lunari. — 6. Distanza della Luna dalla Terra e dimensioni degli ultimi dettagli visibili sulla superficie lunare. — 7. Atmosfera. — 8. Radiazione termica e temperatura. — 9. Dettagli della superficie lunare. Mari, laghi, seni, paludi. — 10. Canali. — 11. Montagne e catene. — 12. Crateri. — 13. Paesaggio lunare. — 14. Vita possibile sulla Luna. — 15. Mutazioni della superficie lunare. — 16. Eclissi totali di Luna. — 17. Influssi lunari.

1. La Luna è opaca e manca di luce propria; lo dimostra abbastanza il disco color nero intenso (cap. I par. 9) sotto cui essa appare durante le eclissi totali di Sole.

La Luna gira attorno alla Terra, e tutte e due unite girano attorno al Sole, sì che questo trovasi sempre a lato dell'una e dell'altra, nè mai fra le due. La Luna, satellite della Terra, portata dal suo moto prende posizioni diverse (fig. 1) rispetto al Sole; la Luna ruota intorno a sè stessa, e sugli orizzonti lunari, così come sui nostri, il Sole sorge, culmina, tramonta, illuminando gli oggetti disseminati sovr'essi ora dall'una ora dall'altra parte, ora dall'alto.

La Luna risplende per luce che riceve dal Sole, e che essa, appunto perchè opaca, riflette verso la Terra. Molti fatti lo dimostrano, fra gli altri lo spettro della luce sua, che, l'intensità esclusa, ha tutti i caratteri dello spettro della luce solare. Della Luna

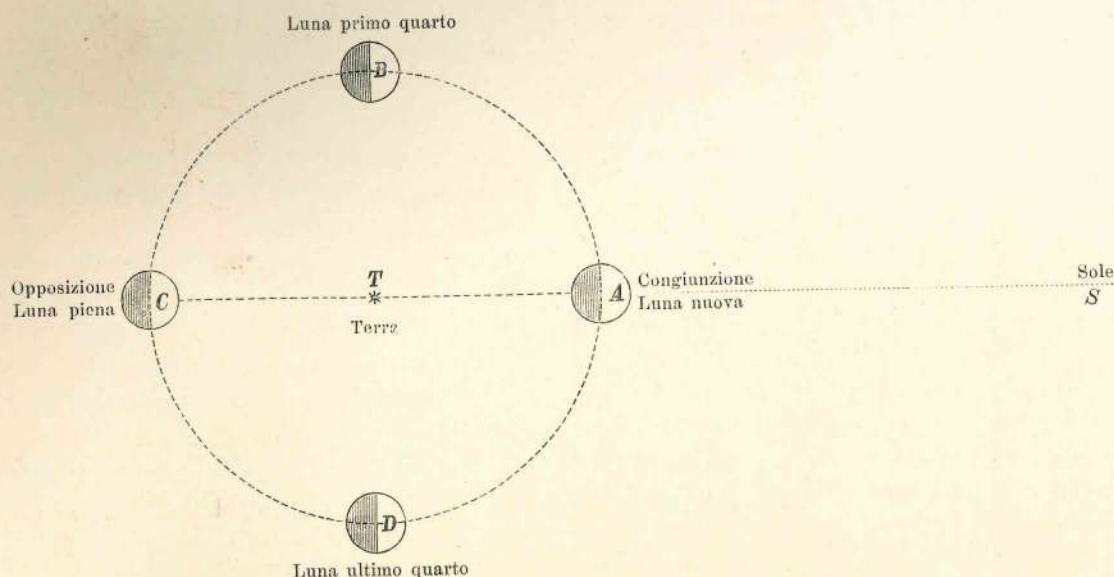



Fig. 1.

si vedono quindi in un dato momento solo le parti che, rivolte verso la Terra, sono ad un tempo illuminate dal Sole, e poichè queste parti, causa i moti della Luna, mutano incessantemente, in modo incessante mutano pure gli aspetti della Luna (fasi).

V'è un momento in cui essa dalla Terra non si vede. Trovasi allora nel punto $A$ (fig. 1) della propria orbita, fra il Sole e la Terra (congiunzione), e mentre Sole e Terra sono sempre in uno stesso piano (eclittica), essa, nella congiunzione, in generale giace, sebbene di poco, o sopra o sotto il piano stesso. Nella posizione $A$, la Luna volge alla Terra le parti su cui non arrivano i raggi del Sole, e perciò appunto riesce invisibile (Luna nuova).

Tosto dopo la Luna appare nel cielo ad occidente come un'esilissima falce luminosa (Luna falcata), e, tramontato il Sole, tramonta essa pure. Si trova in quel momento nel tratto della propria orbita che va

dal punto $A$ al punto $B$, in un punto vicinissimo ad $A$. Il suo moto la trasporta più e più verso $B$, ed essa appare come falce sempre più grande e lucente; ogni sera tramonta sempre più tardi, finchè, arrivata in $B$, mostra a chi la guarda dalla Terra luminosa la metà a destra del suo disco (primo quarto); illumina allora la prima metà delle nostre notti.

Prosegue il suo cammino lungo il tratto $B$ $C$ della sua orbita, e nel frattempo mostra illuminata una porzione ogni giorno maggiore del proprio disco, e tramonta ogni giorno più tardi. Arrivata in $C$ (opposizione) sorge all'estremo oriente nell'istante istesso in cui il Sole tramonta ad occidente; per tutta la notte illumina i nostri orizzonti, ed il suo disco appare intiero, rotondo, tutto luminoso. Egli è che il Sole, collocato molto lungi al di là di $S$, colpisce in quel momento in piena fronte tutta la parte che essa volge alla Terra, e la rende quindi per intero visibile (Luna piena).

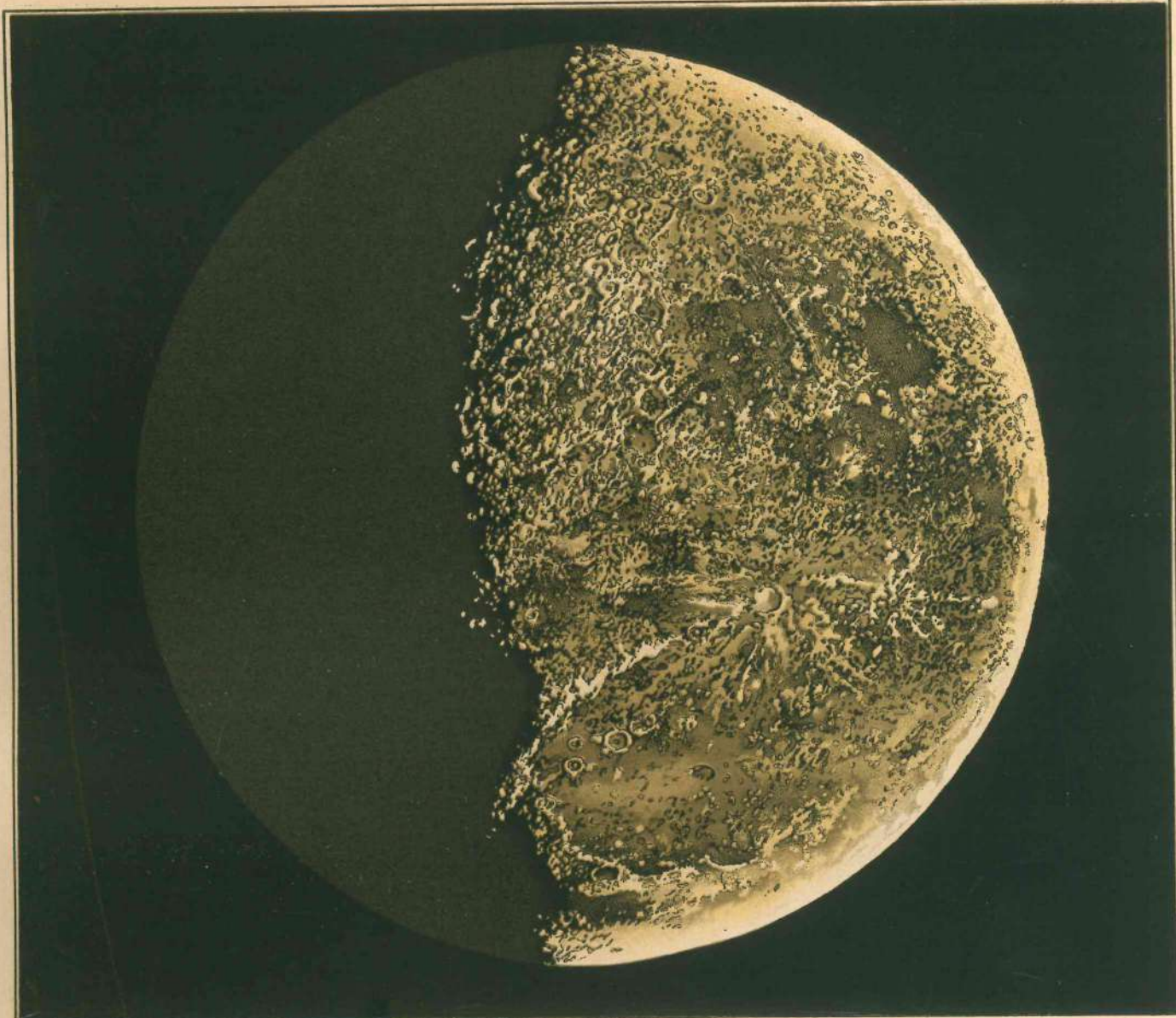
La Luna non si arresta mai nel suo moto, oltrepassa il punto $C$ e si avvia pel tratto $C\,D\,A$ dell'orbita. Percorrendolo, ripassa per aspetti analoghi a quelli per cui passò lunghesso il tratto $C\,B\,A$. Di tonda e piena che era in $C$, essa prende a mostrare ogni giorno illuminata una porzione sempre minore del proprio disco, e a sorgere ogni giorno più tardi. Arrivata in $D$ mostra, sempre a chi la guarda dalla Terra, luminosa solo la metà a sinistra del suo disco (ultimo quarto), e splende sull'orizzonte solo per la seconda metà delle nostre notti. Di mano in mano che da $D$ prosegue verso $A$ continua a mostrare luminosa una parte sempre minore di disco, ed appare più e più falcata; l'ora del suo nascere si avvicina sempre più all'aurora, finchè sotto forma di un filo sottile, arcuato (falce lunare) sorge un giorno appena pochi istanti prima del Sole. Essa trovasi allora fra $D$ ed $A$ in un punto vicinissimo ad $A$, e, trascorso quel giorno, invano la si cerca in cielo; solo qualche tempo dopo la si vede riapparire ad occidente, e percorrere e ripetere le medesime fasi ad intervalli di 29 giorni, 12 ore, 44 minuti e 2,9 secondi (lunazione).

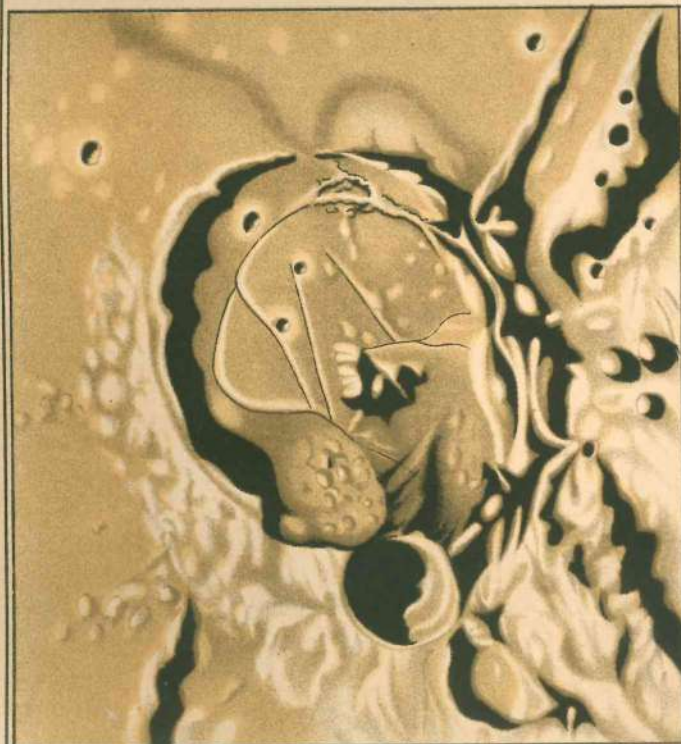
2. La Luna falcata, vista con cannocchiali astronomici anche modesti, di 5 oppur 7 centimetri d'apertura, appare così come la rappresenta la tavola VI, rispetto alla quale giova premettere un'osservazione importante, tanto più che essa va estesa alle tavole IV, V, VII, VIII e IX. I cannocchiali astronomici rovesciano le immagini degli oggetti, e fanno vedere a sinistra ciò che è a destra, in alto ciò che in basso, e via; anche le tavole annesse rappresentano le immagini lunari rovesciate rispetto a quelle che l'occhio nudo vede.

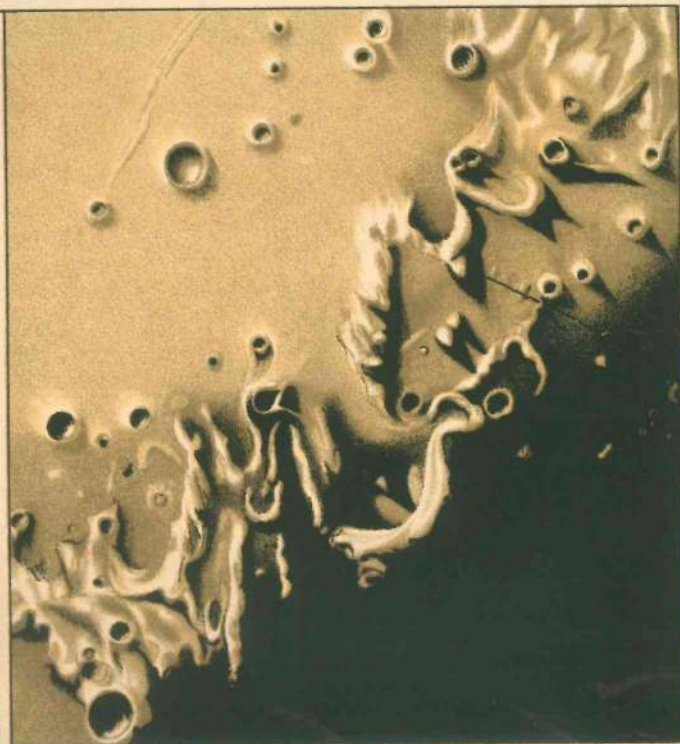
Nella Luna falcata un arco di circolo segna il contorno esterno della falce luminosa, un altro arco ne segna il confine interno, e a lato di questo il rimanente disco lunare mostrasi terminato da un contorno regolare, distinto e come sotto un velo cinereo (luce cinerea). Apparenze analoghe si riproducono durante lo svolgersi successivo delle fasi (tav. VII), con questa differenza, che quanto più cresce la fase tanto più debole diventa la luce cinerea, sì che questa, visibile perfino all'occhio nudo a falce sottile, lo è appena nei cannocchiali quando la Luna trovasi nel suo primo o nel suo ultimo quarto, scompare affatto tre giorni dopo il primo quarto, ricompare solo tre giorni avanti l'ultimo quarto.

Gli archi di circolo che durante le fasi segnano i contorni della falce luminosa (tav. VI e VII) non sono continui, distesi, uniformi, geometrici, ma appaiono, l'interno sovratutto, ineguali, discontinui, variamente rotti e frastagliati. Talora mostrano punti luminosi, d'un bianco vivo ed abbagliante, che risplendono circondati da uno spazio oscuro, e che all'occhio maravigliato appaiono come staccati dalla superficie lunare e sovr'essa sospesi, quasi picchi, dai quali il Sole che sorge illumina le cime, lasciando nell'ombra i fianchi. Talora mostrano punti vivamente lucidi, staccati per brevissimo tratto da una serie di altrettali punti attigui, e questi nel loro insieme dànno origine ad un filo esile, luminoso, argenteo, quasi una serie di picchi illuminati, una cresta di montagna vista al sorgere o al tramontare del Sole. Talora invece mostrano tanti punti lucidi, i quali si succedono in guisa da dare origine ad un cerchio splendente, ed allora nella parte chiusa da questo cerchio si scorge un'ombra oscura e nera, così come sulla Terra succede di una cavità, sulla quale cada in direzione obliqua la luce del Sole.

La parte lucida della falce, chiusa dai due contorni appena descritti, non è di questi più uniforme, nè presenta minore o meno stupenda varietà di apparenze. Sono ancora parti luminose, abbaglianti, stranamente conformate, rotte e frastagliate in mille guise, e attorno ad esse e con esse intrecciate parti più pallide, più oscure e che meno affaticano l'occhio.

Di mano in mano che sul nostro satellite le fasi si avvicinano al plenilunio, diminuiscono sulla sua superficie sempre più i vivi contrasti di luce e di ombra perfetta. La tav. IX, là dove rappresenta in iscala grande una delle più notevoli regioni lunari, Plato, quale appare a Luna falcata e quale due giorni prima del plenilunio, dà di questa diminuzione un concetto chiaro e concreto. A Luna piena (tav. IV e V), sul disco tutto luminoso due grandi campi risaltano, uno più l'altro meno splendente. Essi si intrecciano, si intralciano in mille modi, ma i loro dettagli sfuggono, si confondono e si perdono in quella luce viva che il Sole su di essi dardeggia. Alcune poche conformazioni soltanto saltano all'occhio e richiamano l'attenzione; sono certi sistemi di righe, di striscie lucidissime che divergono da un punto, e intorno ad esso come aureole si svolgono. Amplissima fra queste, che direi raggiere lucide, è quella che si svolge attorno alla regione Tico, il numero 9 delle tavole IV e V; meno ampie ma più marcate sono quelle che divergono dalle regioni Copernicus, Kepplerus, Aristarchus i numeri 39, 40, 53 delle tavole stesse.

Ultimo quarto della Luna.

Atlante Astronomico.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Gassendi, vasto cratere lunare, poco dopo il sorgere del Sole.

Julius Caesar allo spuntar del Sole.

Senza dubbio la figura della Luna è sferica, e ne fanno fede il suo disco perfettamente circolare, e la maniera con cui esso successivamente si illumina. Se la sua superficie fosse piana, verrebbe tutta nello stesso tempo vestita, e parimenti poi tutta in un istesso punto spogliata di luce, e non prima le parti che guardano verso il Sole, ed a poco a poco le seguenti, fino a diventar tutte luminose nell'opposizione.

Senza dubbio la superficie della Luna è aspra, formata di parti alte diversissimamente, con strutture molteplici, complesse, capaci di riflettere la luce in modo diverso. Senza di ciò, essa che è opaca, non potrebbe mostrare regioni lucide e regioni relativamente buie, e nell'une e nell'altre dettagli fuggevoli di luci e di ombre.

3. La luce cinerea essa ancora nasce dall'opacità della Luna, ed a produrla contribuisce la Terra, la quale pure è opaca. Il Sole illumina contemporaneamente e Terra e Luna, e se questa splende per luce solare che riflette verso la Terra, non v'è ragione perchè a sua volta la Terra non splenda e non rifletta verso la Luna la luce del Sole, e se la Luna a chi la guarda dalla Terra presenta fasi, ragione non v'è perchè fasi analoghe non debba presentare la Terra a chi dalla Luna la guardasse. In questioni come la presente si può per un momento far astrazione dal moto della Terra e supporla fissa in $T$ (fig. 1). Quando la Luna è in congiunzione ossia in $A$, la Terra, che è in $T$, rivolge ad essa l'emisfero suo che è tutto illuminato dal Sole, e ver essa riflette la massima quantità di luce solare. Quando la Luna passa in opposizione ossia in $B$, la Terra rivolge ad essa l'emisfero al quale i raggi solari non arrivano, e ver essa non riflette punto luce. Nel primo caso la Luna volge alla Terra l'emisfero non illuminato dal Sole, e la Terra volge alla Luna l'emisfero illuminato. Nel secondo caso le parti si scambiano; diventa luminoso il disco lunare rivolto alla Terra, oscuro il disco terrestre rivolto alla Luna. Evidentemente le fasi contemporanee della Luna e della Terra sono complementari; alla Luna-nuova corrisponde quella che potrebbe chiamarsi Terra-piena, alla Luna-piena quella che Terra-nuova. Nessuna maraviglia quindi che la Luna prima e dopo il novilunio, ossia mentre trovasi vicino al punto $A$ della propria orbita, mostri più intensa e distinta la luce cinerea. Egli è che in quel frattempo essa riceve dalla Terra la maggior quantità di luce solare riflessa, egli è che la luce cinerea o secondaria della Luna non è altro appunto che luce solare riflessa dalla Terra verso il suo satellite.

4. Basta seguire attentamente il corso della Luna durante lo svolgersi successivo di tutte le sue fasi, per persuadersi che di essa noi vediamo sempre a un dipresso le medesime conformazioni e lo stesso emisfero. La Luna impiega lo stesso tempo a compiere una rotazione intorno a sè ed una rivoluzione intorno alla Terra, epperciò dei due emisferi lunari, l'uno è sempre rivolto alla Terra, l'altro è sempre alla medesima opposto, e rimarrà, meno piccole porzioni, perpetuamente celato al nostro occhio indagatore, ed uno degli arcani del cielo impenetrabili alla nostra curiosità.

Meno piccole porzioni, fu detto. Sulla Luna piena infatti, ad epoche anche molto lontane, le medesime macchie e conformazioni occupano in apparenza sempre la regione centrale del disco, ma chi osserva precisamente, si avvede che esse in realtà vanno avvicinandosi di quantità sensibili ora verso l'orlo orientale ora verso l'occidentale, oscillando, *librando*, intorno ad una posizione media. Questa oscillazione, *librazione*, affetta ugualmente tutti i punti della superficie lunare, si estende quindi anche ai punti collocati verso l'orlo, e fa sì che noi li vediamo ora avvicinarsi, ora allontanarsi dal medesimo, divenendo per tal guisa successivamente invisibili e visibili alcuni punti della sfera lunare collocati nell'emisfero opposto alla Terra.

5. La librazione aumenta la superficie visibile della Luna, ma non ne rende gran che più difficile lo studio e la rappresentazione. Della Luna si ha, stando in Terra, una veduta prospettica, veduta che, grazie alle fasi, appare durante una lunazione sotto punti di vista e sotto illuminazioni sempre diverse. Un corpo, illuminato di fianco, getta dalla parte opposta un'ombra che dipende dal suo contorno, dalla sua altezza, dall'altre dimensioni sue, e che muta se la sorgente luminosa cambia di posizione. Di un corpo, dato il punto di vista, si può sempre, per mezzo della prospettiva e con un sapiente uso di luce e di ombre, fare sopra un piano la rappresentazione fedele. Data la posizione della sorgente di luce, si può quindi risalire sempre dall'ombra, che un corpo proietta, al contorno, all'altezza e all'altre dimensioni di esso. Dato il punto di vista, si può dalla rappresentazione prospettica di un corpo risalire alla sua forma reale. E poichè rispetto alla Luna sorgente unica di luce è il Sole, del quale in ogni istante la posizione è nota, e poichè della Luna noi vediamo una proiezione prospettica, nulla si oppone a che, studiando questa e misurando attentamente sovr'essa le ombre fuggevoli proiettate dai corpi, noi risaliamo e alle conformazioni reali della superficie lunare e alle dimensioni loro. Gettiamo gli occhi su qualunque delle tavole annesse, e, per fissare le idee, sulla figura della tav. VII, che rappresenta la regione Iulius Caesar, quale appare mentre sovr'essa, ed alla sinistra sua sorge il Sole. Bisognerebbe essere ciechi per non vedere, fra altri dettagli, le numerose cavità di cui è sparsa, cavità quasi esattamente circolari, chiuse all'ingiro e formate da argini annulari, che quasi baluardi si innalzano sul piano circostante. Vi sono in queste cavità parti in luce e parti in ombra; sulle prime già arriva, sulle seconde non arriva ancora il Sole; uno studio paziente di queste luci e di queste ombre permetterà di esprimere in numeri le altezze relative non che le assolute dei baluardi che accerchiano questa e quella cavità.

Non è difficile quindi osservando e riosservando, facendo uso sapiente delle diverse vedute prospettiche corrispondenti alle diverse fasi, distinguere sulla superficie lunare i luoghi piani e gli aspri, le regioni altissime, le alte, le basse, e delle singole regioni assegnare le forme reali e le dimensioni. Nè più difficile è fare della superficie visibile lunare e de' suoi dettagli la carta. Per gran tempo tenne, fra le carte della Luna, il primato quella di Beer e Mädler, di cui il diametro è poco meno che un metro; si ha ora la carta di Schmidt, frutto di 34 anni di lavoro, superiore a tutte le altre e per grandezza di formato (misura 2 metri) e per ricchezza di dettagli. Fra le descrizioni della superficie lunare primeggiò per lungo tempo l'opera di Mädler; si hanno ora i libri di Nasmyth-Carpenter e di Neison, ricchi, fra altre cose, di belle fotografie dei dettagli. La nostra tavola IV-V rappresenta in piccola scala la Luna; è sparsa di nomi in gran parte latini, e sono quelli coi quali gli astronomi usano indicare le diverse regioni; sui margini per 65 delle principali regioni lunari dà il numero che ciascuna di esse porta nella carta, il nome e, pochissime eccezioni fatte, l'altezza in metri sulla regione circostante.

6. Importa farsi un concetto concreto delle dimensioni degli oggetti più piccoli che ancora si possono distinguere sulla Luna, e che possono essere riprodotti su una carta di dettaglio. Per questo bisogna partire dalla distanza che separa i centri della Luna e della Terra. Essa durante una lunazione cambia continuamente, ma in media la si può ritenere uguale a 384400 chilometri. A questa distanza, la quale è certo errata meno di 200 chilometri, un angolo ampio un minuto secondo d'arco abbraccia coi suoi lati, sottende, 1863 metri. Questa dimensione, che equivale a $^1/_{1865}$ del diametro apparente lunare, è quindi invisibilissima e molto ma molto al di sotto di ciò che l'occhio nudo può ancora distinguere sulla Luna. I cannocchiali aumentano d'assai la potenza dell'occhio, ma non oltre un certo limite. Col più potente dei cannocchiali d'oggi giorno, il quale ha 97 centimetri d'apertura e 17 metri di distanza focale, per distinguere un oggetto sulla Luna bisogna che esso abbia in ogni direzione dimensioni di almeno 320 metri, per riconoscerne la forma bisogna che esso in ogni direzione misuri almeno 641 metri. Sono questi i numeri che segnano oggi l'ultimo limite del visibile sulla superficie lunare, ed in massima si può ritenere, che quanto sulla Luna appare con forma distinta e suscettibile di essere disegnata misura in ogni direzione 1 chilometro circa almeno.

7. Attorno alla Luna non esiste atmosfera di densità apprezzabile e che in qualche modo si possa paragonare a quella della Terra.

Se essa esistesse, grazie alla sua trasparenza non assoluta, farebbe sì che i contorni delle diverse regioni lunari, visti contemporaneamente e sotto uguali circostanze di illuminazione, nel plenilunio ad esempio, apparirebbero più distinti verso il mezzo del disco, dove lo strato atmosferico che la luce deve attraversare è minore, confusi ed incerti verso il contorno, dove questo strato è più potente. Nulla di ciò si osserva sulla Luna.

Se essa esistesse, lo spettro della luce lunare sarebbe diverso dall'osservato. In quanto deriva da luce solare riflessa, riprodurrebbe, come di fatto riproduce, le righe oscure proprie del Sole; in quanto deriva da luce che attraversa un'atmosfera propria alla Luna, conterrebbe righe oscure speciali, prodotte dall'assorbimento dell'atmosfera stessa. Di queste righe le osservazioni più rigorose non dànno pur traccia.

Se essa esistesse, diverso dovrebbe essere il valore del diametro apparente lunare che si ottiene per mezzo di misure micrometriche dirette, e per mezzo del tempo che passa fra l'immergersi e l'emergere d'una stella, la quale si occulti dietro il corpo della Luna. Sarebbe diverso grazie alla rifrazione, la quale fa sì che un astro, occultandosi, scompare per noi più tardi, ricompare più presto di quello che farebbe se non esistesse atmosfera. Le osservazioni più precise e i calcoli più scrupolosi riducono la diversità di cui trattasi a 2 secondi d'arco, e questa diversità, tenuto conto del fenomeno d'irradiazione, accennerebbe ad un'atmosfera che sulla superficie lunare avrebbe una densità 25 decimillesimi di quella, che la nostra atmosfera, ad una temperatura centigrada di zero gradi e sotto una pressione di 760 millimetri, prende alla superficie terrestre. Da un'atmosfera così tenue, dato che pure esista, non può derivare nessuno dei fenomeni che l'atmosfera della Terra produce; con un'atmosfera così tenue è compatibile solo uno stato di cose, che appena si differenzia da quello che la mancanza assoluta di atmosfera produrrebbe.

Se non esiste atmosfera, non esistono vapori; e se questi mancano, devono pur mancare alla superficie della Luna materiali allo stato liquido, acqua ad esempio.

L'atmosfera è attorno alla Terra come un velo brillante, che propaga e moltiplica la luce per mezzo di ripercussioni indefinite. Ad essa dobbiamo la luce diurna diffusa, ad essa il nostro cielo azzurro, che è una pura parvenza, ad essa i nostri crepuscoli, le nostre sere, le nostre aurore. Sulla Luna, dove atmosfera non c'è, tutto questo manca. Là vedremmo il Sole sopra un fondo nero cupo; il suo splendore avrebbe una intensità accecante, e, ciò malgrado, gli oggetti su cui i suoi raggi non cadessero direttamente o da altro corpo riflessi sarebbero completamente oscuri. Attorno a noi non avremmo che luce abbagliante o tenebre; uno schermaglio, che impedisse alla luce solare diretta di arrivare al nostro occhio, basterebbe per far là vedere su un fondo scuro intenso le stelle di pieno giorno.

8. La Luna irradia calore, ma appena i termomoltiplicatori più delicati l'avvertono. Il calore lunare cresce durante l'avvicinarsi delle fasi al plenilunio, decresce con legge meno rapida che lo splendore coll'allontanarsi della Luna dal punto di sua massima fase. La Luna, in quanto è sorgente di calore, può

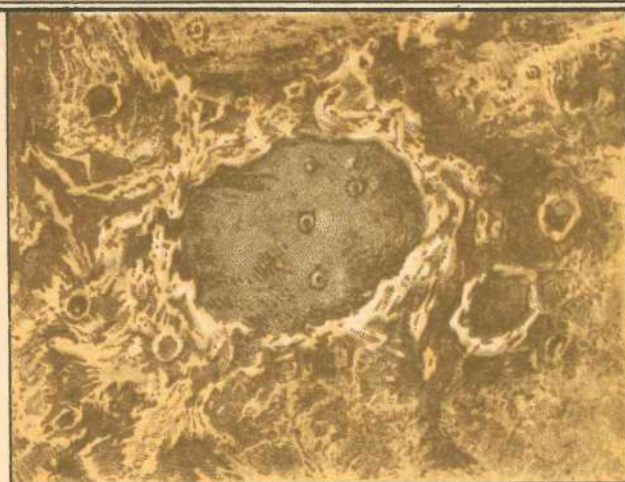
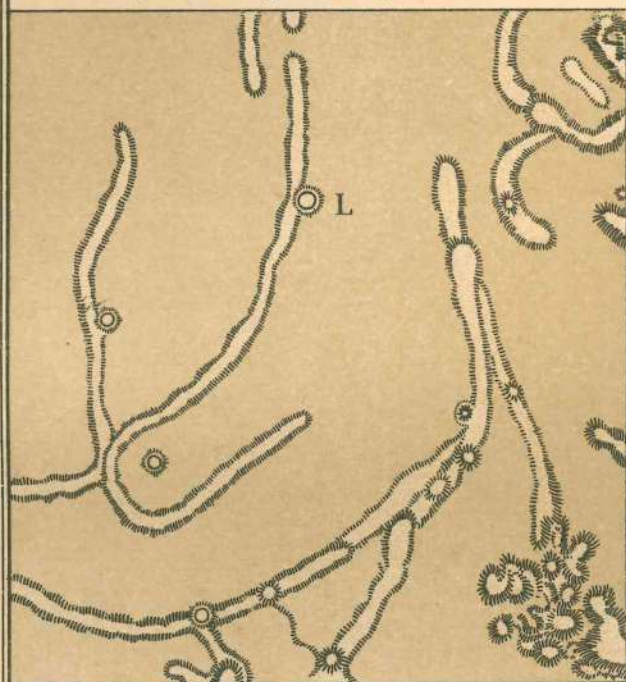
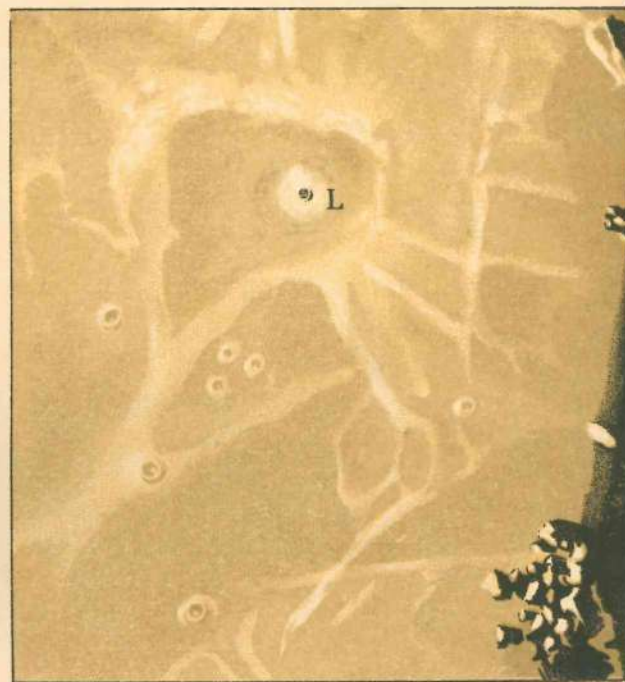
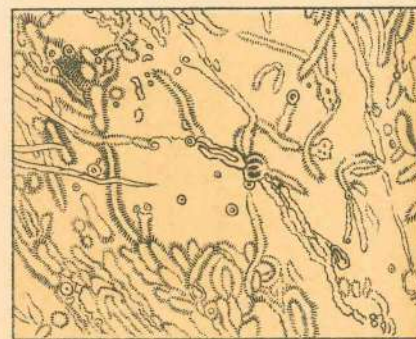
Erathostenes con parte della catena degli Apennini durante il sorgere del Sole.

Atlante Astronomico.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Regione lunare intorno a Tycho, al tramonto del Sole.

Catena lunare del Caucasus durante il tramonto del Sole.

Plato, tosto dopo il sorgere del Sole.

Plato, due giorni prima del plenilunio.

Regione intorno a Linneo (L) secondo Lohrmann e secondo recenti fotografie.

Canale Hyginus secondo Schröter, Lohrmann e Schmidt.

Atlante Astronomico. Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Aspetti della regione lunare Hyginus corrispondenti a illuminazioni diverse.

nel novilunio e nel plenilunio essere sostituita da un vaso di latta annerito, di area uguale alla superficie apparente lunare e ripieno d'acqua a temperature rispettivamente di 10 e 84 gradi centigradi. Da questi fatti non si può ancora arguire quale sia la temperatura assoluta alla superficie della Luna; dietro alcune esperienze delicate e difficili fatte sullo spettro del calore lunare, pare che essa possa ritenersi uguale a quella dell'acqua che agghiaccia.

Senz'aria, senz'acqua, fredda come il ghiaccio, la superficie della Luna più si studia e più appare in condizioni diverse da quelle della Terra.

9. Sul disco lunare si scorgono già ad occhio nudo ampie estensioni di colore grigio-scuro, in parte separate per contorni ben netti dalle regioni attigue più luminose, in parte penetranti nell'interno di queste e svolgentisi fra esse sotto le forme più varie. Vedendole, si resta naturalmente portati a paragonarle ai nostri mari, tant'esse appaiono a prima giunta, oltre che vaste ed oscure, piane e monotone: col nome di mare vengono universalmente distinte (tavole IV e V), ma sarebbe più proprio dirle macchie.

Di queste macchie alcune sono più piccole, un poco più lucide ed offrono nella loro estensione qualche maggior varietà di accidenti. Alle medesime si dà il nome di paludi e di laghi, così come, guidati dall'analogia delle apparenze, si chiamano seni certe parti rientranti dei mari, circondate per lunghi tratti da estensioni luminose, talora ben limitate e definite come nel bellissimo Sinus Iridum, talora meno distinte e terminate da contorni meno splendenti come nel Sinus Medii.

Tutte queste macchie più o meno oscure, mari, laghi, seni, paludi, occupano circa i due quinti dell'emisfero lunare per noi visibile. Sono più numerose ad est ed a nord (tav. IV e V), meno nelle parti centrali e verso ovest, mancano affatto nelle alte latitudini meridionali della Luna. Dei mari, dei laghi, dei seni, delle paludi terrestri hanno le apparenze, ma in realtà non sono nulla di tutto ciò. Nessuna, sotto ad un cannocchiale abbastanza forte, presentasi sotto forma di una vera superficie piana e liscia; tutte, quale più quale meno, sono scabre, ed alcune anzi sono in diverse direzioni corse da lunghe striscie sottili, più alte del loro fondo. I materiali, onde esse sono formate, certo quindi sono allo stato solido, e appaiono oscuri solo perchè riflettono verso la Terra minor quantità di luce solare. Non possono essere allo stato liquido anche perchè sulla Luna o non esiste atmosfera o ve n'è solo una tenuissima, colla quale sono inconcepibili le nubi, le nebbie, le pioggie, la circolazione dei vapori, l'acqua, in generale qualunque fluido.

Alle macchie lunari Evelio cominciò dal dare nomi tratti dalla Terra, e ne venne il Mare Adriaticum, il Mare Mediterraneum, il Sinus Syrticus e via. Riccioli tosto dopo prese invece a denominarle bizzarramente, partendo dai concetti dell'astrologia intorno all'influenza delle diverse parti lunari sulla temperatura, sulle stagioni, sui fenomeni atmosferici, sullo spirito e sul corpo umano. Così sulla Luna i selenografi notano ora il Mare Faecunditatis, il Lacus Mortis, la Palus Somnii, il Sinus Epidemiarum, la Peninsula Deliriorum. Così anche su quelle regioni lontane lo spirito umano ha trovato modo di perpetuare la memoria delle proprie aberrazioni.

10. Si incontrano sulla superficie lunare alcune configurazioni speciali, che non hanno parallelo sulla Terra, e sono certe scanalature, certi incavi stretti e lunghi che si estendono in linee rette o leggermente serpeggianti per miglia e miglia, talora fino a 200 chilometri. Hanno in tutto il loro svolgersi una larghezza uniforme, che mai oltrepassa i duemila metri, e solo eccezionalmente alcune si allargano qua e là in forme circolari o piazze di diversa ampiezza, per riprendere tosto dopo il loro corso normale. Appaiono subitanee sulla superficie lunare, scompaiono d'un tratto, e non hanno punto d'origine o di fine singolarmente apparente. Esse non sono collegate ad una regione speciale della Luna, solo mancano interamente nelle regioni più scabre e rotte. Nelle fasi si mostrano sovventi come righe oscure, poichè di solito vedesi nella cavità l'ombra di uno degli orli; nel plenilunio si vedono invece come linee sottili e lucenti. La tavola VII rappresenta alcune di queste righe oscure, quali, al sorgere del Sole, si distendono attraverso alla regione lunare Gassendi; la tavola IX rappresenta il canale Hyginus, quale fu disegnato da diversi osservatori e quale appare sotto diverse illuminazioni.

Si sono paragonate queste scanalature a fiumi, a canali artificiali, perfino a strade lunari. Il fatto che esse vanno indifferentemente per valli e per monti, evitando solo le regioni più scabre della Luna, l'assenza di punti determinati che ne segnino l'origine e il fine, il loro abito generale distruggono affatto l'idea che esse possano essere o fiumi o sistemi di correnti, che esse abbiano pure in un'epoca selenologica anteriore potuto formare il letto dei medesimi. Nè si può pensare seriamente a strade lunari, prima per la loro larghezza e disposizione, e poi perchè tale è un'idea figlia dell'antico errore, che vedeva nella Luna una copia della Terra. Molto probabilmente i canali lunari sono semplici squarciature della superficie, originate da contrazioni delle masse superficiali, così come noi vediamo avvenire in iscala molto minore sulla Terra nelle calde stagioni, quando per soverchia siccità il terreno si fende. Tali squarciature di superficie possono essere sul nostro satellite state prodotte dal forte raffreddamento a cui esso senza dubbio soggiacque, e per ciò appunto non sono fenomeni fuggevoli ma forme permanenti e immutabili della Luna, forme notevoli anche pel numero loro, di esse l'infaticabile Schmidt avendone notate più che mille.

11. La parte della Luna, che appare all'occhio più luminosa, è quasi senza eccezione aspra, disuguale, seminata di altissime eminenze, variamente aggruppate. Appaiono in generale addossate le une alle altre

senz'ordine apparente, separate fra loro da profondi burroni. Qualche volta formano una specie di altipiano aspro e disuguale, che da una parte cade poi rapidamente a picco nella pianura sottostante; più di rado sorgono isolate in mezzo ad una macchia oscura, quasi scogli staccati, solitarii, ripidi, dirupati. Le altezze loro sul piano circostante si ottengono misurando le lunghezze delle ombre che proiettano; raggiungono perfino 8831 metri (Curtius tav. IV e V), altezza prodigiosa, se si pensa che appartiene ad un corpo il cui diametro è poco più che un quarto di quello della Terra, e che, date le proporzioni, equivale ad un picco il quale si innalzasse su questa a 35 chilometri circa. Le montagne lunari hanno contorni più erti e più frastagliati delle nostre, e questa loro struttura dirupatissima dimostra essa pure l'assoluta mancanza di sistemi di correnti e di acqua sulla superficie della Luna.

Raramente le montagne lunari sono disposte in guisa da apparire come una catena lunga e non interrotta, dalla quale partano diramazioni e catene minori. Si dà il nome di Apennini ad una catena che sorge ad ovest del Mare Imbrium, e che fra le catene lunari è di gran lunga la maggiore. Si svolge per 700 chilometri circa, e le sue cime più alte, Conon e Huygens, si spingono a 5400 ed a 5600 metri. Nè questi Apennini però, nè le altre minori catene della Luna, i Carpati, le Alpi, il Caucaso (tav. VIII), i Pirenei, le Ande, possono in qualche modo paragonarsi alle catene terrestri di cui portano il nome. Di queste non hanno le lunghezze, e sovratutto le valli laterali. Il lungo serpeggiare delle nostre Alpi e delle nostre Ande, le valli spaziose alle quali esse danno luogo, le diramazioni, le pendenze successivamente più dolci che le nostre montagne prendono verso la base, fino a confondersi insensibilmente colle maestose pianure che si partono dai loro piedi, non hanno riscontro sulla Luna, e ciò perchè su questa manca l'acqua, la grande livellatrice terrestre. Le catene e le montagne lunari son rupi a contorni aspri e salienti, nelle quali tutto è rotto, tutto procede a salti, e nelle quali mancano affatto passaggi, trasformazioni, gradazioni insensibili.

12. Nè i mari, nè i canali, nè le montagne, nè le catene costituiscono il vero dettaglio tipico e caratteristico della superficie visibile lunare:... “ quello poi, di che vi è maggior frequenza, “ scriveva Galileo or fanno più di 250 anni, „ sono alcuni argini (userò questo nome, per non me ne sovvenire altro, che più gli rappresenti) assai rilevati, li quali racchiudono e circondano pianure di diversa grandezza, e formano varie figure, ma la maggior parte circolari; molte delle quali hanno nel mezzo un monte rilevato assai, e alcune poche sono ripiene di materia alquanto oscura, cioè simile a quella delle gran macchie, che si veggono con l'occhio libero; e queste sono delle maggiori piazze; il numero poi delle minori e minori è grandissimo, e pur quasi tutte circolari... „

Getti il lettore l'occhio sopra qualunque delle tavole annesse, dalla IV alla IX, e vedrà quanto vera e quanto confermata dalle osservazioni posteriori sia questa sintesi del nostro genio veramente immortale, Galileo. La forma di argine anulare, rilevato, che contorna e chiude una cavità, universalmente campeggia; mutano le dimensioni, i contorni della cavità sono più o meno regolari, l'interno di esse appare più o meno profondo ed accidentato, ma la forma generale è una sola, e richiama alla mente quella dei nostri crateri.

A queste che Galileo chiamava piazze maggiori e minori noi, gúidati dall'analogia, diamo ora il nome di crateri, sebbene impropriamente. I più grandi crateri dei vulcani terrestri appena si avvicinano, quanto a dimensioni, ai più piccoli della superficie lunare. Nei crateri della Luna si vede sempre in modo chiaro e distinto un fondo; sulla Terra in gran parte sono dessi invece vere bolgie, nelle quali l'occhio, per quanto si spinga, non discerne cosa alcuna.

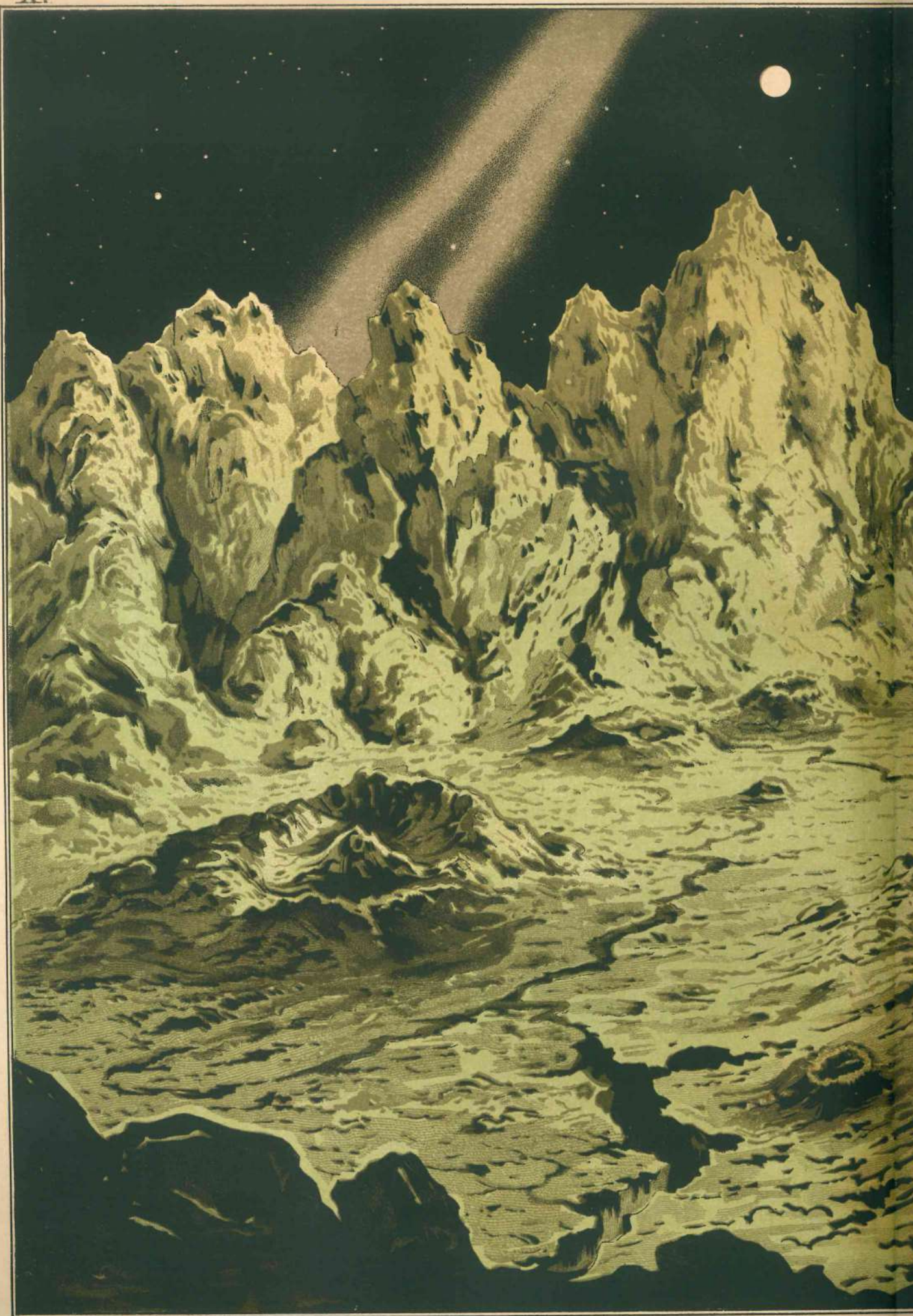
Vi sono crateri sulla Luna che hanno ottanta, cento, perfin duecento e più chilometri di diametro. Fra questi crateri maggiori c'è Arzachel con 106 chilometri di diametro (tav. VI), Gassendi con 89 chilometri (tav. VII), Tico con 87 chilometri (tav. VIII), Plato con 97 chilometri (tav. IX). L'interno loro mostrasi qualche volta relativamente piano ed uniforme, più spesso sparso di monti, di brevi catene, di crateri minori, di accidenti vari. I contorni loro di rado si svolgono anulari ed uniformi; quasi sempre sono formati da un sistema complesso ed intralciato di montagne; qua e là appaiono rotti e variamente frastagliati, altissimi per certi tratti, bassi nei tratti contigui. Si direbbe che questi crateri maggiori sono antichi crateri stati sconvolti da un cataclisma.

Più numerosi sono nella Luna i crateri di medie dimensioni, e i cui diametri vanno da 15 a 40 a 60 e più chilometri. La loro forma è più regolare di quella che riscontrasi nei crateri maggiori; la figura circolare spicca in essi meglio disegnata anche attraverso agli accidenti della loro conformazione; lo si vede in Alpetragius (tav. VI) che ha un diametro di 43 chilometri, in Erathosthenes (tav. VIII) uno dei più vasti fra questi crateri mediani, e di cui il diametro misura 60 chilometri. Non si esagera portando da 3 a 4 mila il numero di questi crateri medii, a contorno regolare. Nella regione meridionale della Luna (tav. IV e V) sono essi tanto frequenti, che l'un l'altro si toccano.

I crateri piccoli, detti semplicemente crateri, con diametri minori di 15 chilometri, sono sulla Luna innumerevoli. Schmidt opinava che con un cannocchiale capace di un oculare il cui ingrandimento sia 600 se ne vedono non meno di 100 mila; egli stesso ne ha catalogizzati 32 mila e più. Questi crateri sono anche più regolari di forma che non i mediani, e sono sparsi per ogni dove. La superficie lunare, in qualunque punto si studia, porta l'impronta di commossioni gagliarde e vaste; vedendola tutta disseminata di crateri, di dirupi, di squarciature, senza volerlo, si corre col pensiero all'epoca lontanissima che

Sulla Luna-Paesag

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

aesaggio di fantasia.

pur deve avere a tante rovine preesistito, e con terrore si immagina il periodo che separa quell'epoca lunare dall'attuale, periodo di transizione, forse di gagliardissima attività vulcanica, periodo nella storia fisica della Luna epico in sommo grado.'

13. Dopo quanto si è scritto non è difficile immaginare un paesaggio quale esiste sull'emisfero della Luna a noi visibile. Ai fatti già noti basterà aggiungere quest'uno, che cioè il diametro della Luna misura 3482 chilometri, e 0,273 del diametro terrestre.

La tavola X-XI dà di quel paesaggio uno schizzo a grandi linee. L'orizzonte disseminato di crateri di ogni dimensione, di picchi altissimi e dirupati, di lunghe squarciature, di cavità circolari; arido, senz'acqua e quindi senza fiumi, senza laghi e mari; privo di atmosfera, e quindi senza luce diffusa, senza gradazioni di luce, senza contrasti di luce e di ombre, luminoso abbagliante là dove arriva diretto un raggio solare, tenebroso in ogni altro punto; non terminato, non chiuso all'ingiro e per ogni parte da una volta celeste azzurra, ma da una color nero d'inchiostro, sulla quale si proietta il Sole grande apparentemente così come vedesi dalla Terra, sulla quale contemporaneamente di pieno giorno si vedono qua e là, lungi dal Sole, i pianeti, le stelle, la Via lattea, e sulla quale si proietta ancora la Terra nostra rossiccia, sparsa di macchie diversamente luminose, ognora mutabile di forma e d'aspetto e, quand'è piena, sotto forma di un disco imponente, largo più che tre volte quello sotto cui noi vediamo e Sole e Luna.

14. Dopo quanto si è scritto non è difficile nemmeno attaccare la questione antica e attraente dell'abitabilità del nostro satellite. Se si volesse solo accennare quanto a questo proposito fu scritto, non basterebbe un volume. Si dovrebbe parlare dello spiritoso viaggio nella Luna di Cyran de Bergerac, dei grandiosi viaggi di Fontenelle, dei Micromégas di Voltaire, del mondo nella Luna di Wilkins, dell'uomo della Luna di Godwin, dei privolves e subvolves di Keplero, e narrare anche la pazza ascesa di Astolfo nella Luna, il quale là trova evaporate le menti di tanti suoi coetanei, episodio splendido, e mai privo di attualità, dell'Orlando di Ariosto. Sul terreno della fantasia pura noi nè dobbiamo, nè possiamo mettere il piede. Senza atmosfera, o, ciò che è lo stesso, con un'atmosfera di tenuità quasi infinita, senz'acqua, vita o animale o vegetale analoga a quella della Terra è inconcepibile sulla Luna. Con ciò non s'intende già che là sulla Luna sia un mondo spento; è temerità il negare la vita in qualcuno dei corpi celesti, qualunque esso sia, solo perchè le condizioni del medesimo sono inconciliabili colla vita a noi d'intorno sulla Terra. Non possiamo estendere la limitazione del nostro pianeta e della nostra mente all'universo.

La vita è troppo multiforme, troppo varia nel suo svolgersi, perchè noi possiamo pretendere di intuirla completamente col nostro spirito. Sulla Terra medesima essa ha preso, nelle diverse età geologiche, forme interamente diverse, ed ancora oggi nessuna mente, che non fosse guidata dall'osservazione dei fatti, potrebbe concepire tutte le forme sotto alle quali la vita a noi si mostra, e dalle condizioni di essa sui continenti ideare la vita quale si svolge nelle profondità dell'Oceano, o dalla vita umana ideare le strane e mirabili trasformazioni per le quali passa quella di un insetto. È probabile che anche sulla Luna una certa vita vi sia, ma se vita esiste, essa ha certo forme diverse dalle vite che hanno soggiorno in Terra; la Luna non è una copia, e tanto meno una colonia della Terra; vita lunare e vita terrestre possono in nessun modo essere paragonate fra loro, e la questione se la Luna sia abitata da uomini è oramai perfettamente oziosa.

15. Si dura fatica a credere che mentre attorno a noi tutto si muove, si agita, si trasforma, sulla Luna la materia anche inorganica debba essere condannata ad una immutabilità assoluta. Noi non arriviamo certo a vedere gli ultimi dettagli della Luna, ma se sulla sua superficie avvenissero mutamenti analoghi ad alcuni della Terra, se là estensioni di boschi ampi e parecchi chilometri quadrati scomparissero per dar luogo ad altre coltivazioni, e là sorgessero vaste città quali in pochi anni sorgono negli Stati Uniti d'America, non potrebbero sfuggire ai nostri mezzi d'osservazione. Sventuratamente un'altra cosa, oltre alla insuperabile limitazione dei dettagli visibili, rende singolarmente difficile e dubbia l'interpretazione dei fatti in questo problema delle mutazioni della superficie lunare. Le nostre ricerche intorno ai suoi accidenti si riducono in ultima analisi all'osservazione e allo studio delle varie e ineguali vicende di luce e di ombra per cui essi passano, vicende le quali mutano incessantemente, ridiventano identiche solo a intervalli lunghissimi di tempo, e perchè cambia l'angolo d'illuminazione che le produce, e perchè cambia il punto di vista dal quale le guardiamo. Più volte furono qua e là affermate mutazioni vedute, ma rimase sempre il dubbio, che si trattasse non di mutazioni reali, ma di dettagli divenuti visibili per circostanze eccezionali di illuminazione. Questo avvenne rispetto al piccolo cratere Hyginus (N. 35 tav. IV e V) attraversato dal canale omonimo (tav. IX); tanto questa regione cambia sotto illuminazioni diverse, che il giudicare di piccole mutazioni reali colla scorta sola delle minute loro apparenze diventa quasi impossibile. Un sol fatto parla finora sicuramente a favore della mutabilità della superficie lunare, e riguarda il cratere Linneo (N. 48 tav. IV e V). Ai tempi dei lavori di Lohrmann e di Mädler, 1822-32, Linneo si presentava (tav. IX) come un cratere assai profondo, largo 10 chilometri circa, e come tale appariva in modo ben distinto, quando, avvicinandosi le fasi lunari, esso mostravasi più o meno ombreggiato. Tale lo rivide Schmidt negli anni 1841-43, ma a datare dall'ottobre del 1866 non riuscì più a Schmidt stesso di scorgere, sotto nessuna illuminazione, la forma craterale di Linneo. Il profondo e distinto cra-

tere di altre volte è scomparso, e al posto suo si vede una piccola macchia (tav. IX) nel cui interno solo con difficoltà e con cannocchiali potenti si riesce a rintracciare un cratere piccolissimo.

16. Quando la Luna portata dal suo moto proprio passa pel punto *C* della propria orbita (fig. 1), ed il punto *C* contemporaneamente si trova o vicinissimo o nel piano dell'eclittica nel quale giacciono il Sole e la Terra, succede una eclissi totale di Luna. La Terra, intercettandoli, impedisce ai raggi solari di arrivare alla Luna, e questa, avvolta nell'ombra dalla Terra proiettata, scompare. Non scompare in generale per intiero. Sulla sua superficie si diffonde, anche nel momento della totalità massima, una debole luce nella quale il colore predominante è il rosso cupreo (tav. XIII), luce residua, che proviene dalla rifrazione e dalla dispersione della luce solare nell'atmosfera terrestre. Sono rare le eclissi lunari delle quali narrisi che la Luna, durante la totalità, sia divenuta per qualche istante tutta invisibile, e sono quelle del 15 giugno 1620 (osservazione di Keplero), del 25 aprile 1642 (osservazione di Evelio), del 18 maggio 1761 (osservazione di Wargentin), del 10 giugno 1816 (osservazione di Beer e Mädler). Anticamente l'osservazione del momento in cui avveniva una eclissi totale dava modo di determinare con precisione il movimento della Luna e un punto speciale dell'orbita lunare; ora tutto ciò che riguarda il moto della Luna o è abbastanza noto, o meglio si indaga con altre osservazioni; durante le eclissi lunari si fanno ora a preferenza osservazioni fisiche; in quelle del 1884 e del 1888 si indagarono ad esempio le fasi di calore, per le quali passa la Luna eclissandosi. Ne risultò che il debole calore irradiato dalla Luna scompare quasi interamente quando l'eclissi diventa totale, e che la scomparsa segue da vicino ma non è rigorosamente contemporanea alla sparizion della luce.

17. Per lunghissimo tempo si attribuì alla Luna un'azione grande, preponderante sui fenomeni naturali. Si fecero da essa dipendere i fenomeni tutti dell'atmosfera, quelli della vita animale e vegetale; si ritenne per fermo che nulla di quanto succede attorno a noi si sottrae dal suo influsso potente.

Gli astrologi, i quali facevano presiedere ad ogni organo umano un astro, avevano collocato il cervello sotto la protezione della Luna, e, come un'eco lontana di questa loro idea fantastica, rimane tuttora nel nostro linguaggio il nomignolo di lunatici applicato agli uomini bizzarri, e di umore instabile. La scienza di tutte le pretese influenze lunari sulla vita animale ha oramai trionfato, e sgombro il proprio terreno; rimangono alcuni fatti di essa vita, che hanno un periodo ciclico quasi sincrono a quello delle lunazioni, ma fra questi fatti e la Luna nessuno oramai più pensa ad un vincolo possibile come di effetto a causa.

Gli agricoltori hanno tuttora rispetto alla Luna alcuni aforismi dai quali difficilmente si allontanano; nell'abbattere le piante, nel seminare, nel raccogliere badano alla fase. In questo campo la scienza ha distrutti non pochi aforismi, i quali non reggono al controllo dei fatti; ha dimostrato che in generale il concetto di un'energica azione lunare sulla vita vegetale, di un'azione che su tutte le altre preponderi, manca assolutamente di base; trovò però che in alcuni casi speciali, nell'orticoltura ad esempio, esiste realmente una qualche azione della fase, azione di ordine secondario però, e della quale pel momento non si può dare con sicurezza ragione.

Rimangono alcuni fenomeni di fisica terrestre, e i fenomeni tutti meteorologici, il succedersi delle pioggie, dei venti, del caldo, del freddo, del buono e del cattivo tempo. Costituiscono questi il campo classico degli influssi lunari, e ancor oggi molti, troppi anzi, cercano nella Luna il loro più sicuro criterio sul tempo che farà. La scienza procedette e procede su questo terreno con cautela grande, non afferma, non nega sistematicamente; quando lo può, dimostra le affermazioni e le negazioni sue; nei rimanenti casi sta dubbiosa, lasciando ai fatti avvenire la soluzione del dubbio.

La scienza afferma e dimostra che la Luna colla sua massa è la causa precipua del flusso e riflusso dei nostri mari, ma afferma e dimostra insieme che la marea atmosferica è minima. Le diverse fasi della Luna non sono forti abbastanza per produrre da sè variazioni sensibili nello stato dell'oceano atmosferico che ci circonda, ma possono aiutare od osteggiare certi movimenti che in questo oceano sieno da altre cause iniziali prodotti.

La scienza ammette una certa corrispondenza fra le oscillazioni del magnetismo terrestre e il corso della Luna, pur confessando di ignorare per qual ragione tale corrispondenza si produca, ma nega, poichè l'esperienza non lo conferma, che le fasi lunari abbiano qualche influenza sui terremoti.

La scienza studia con esperienze rigorose l'azione termica della Luna, e afferma e dimostra che essa in generale è minima, che è insensibile e non dimostrabile nei fenomeni della meteorologia, e poichè in questi il calore è fattore principalissimo, la scienza ricaccia la Luna fra le cause meteorologiche secondarie, sulle quali nessun pronostico sicuro del tempo può fondarsi, e per arrivare a questi pronostici batte altra via.

La scienza esamina pazientemente gli aforismi dei Nostradamus di tutti i tempi, li passa allo staccio dei fatti, e, se non reggono alla prova, li rigetta, se in qualche modo reggono, accorda loro quella fiducia di cui son degni, e aspetta dai fatti avvenire la loro conferma piena. Alcune osservazioni accennano ad una qualche influenza della Luna sulla pioggia, sui temporali e sulla serenità del cielo; tutte le osservazioni affermano però che trattasi d'un'influenza di ordine secondario, ed escludono che la pioggia, i temporali, la serenità del cielo abbiano per causa efficiente la Luna; tutte le osservazioni dimostrano falsa la vulgata opinione che aspetta dai quarti della Luna qualche presagio per le variazioni del tempo.

Atlante Astronomico.

Eclissi totale di Sole.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Atlante Astronomico.

Eclissi totale di Luna.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

# III. — SISTEMA PLANETARIO
## O
## SISTEMA DEL SOLE.

. . . . . per ben capire la grandezza dell'universo non bisogna subordinarne la parte siderale alla terrestre . . . . .

1. Moto diurno apparente del firmamento e rotazione della Terra. — 2. Pianeti e Sistemi Tolemaico e Copernicano. — 3. Orbite ellittiche. — 4. Dimensioni generali del Sistema solare e dei corpi appartenenti ad esso. — 5. Mercurio. — 6. Venere. — 7. Terra. — 8. Pianeti superiori e apparenze del loro moto. — 9. Marte. — 10. Satelliti di Marte. — 11. Piccoli pianeti. — 12. Giove. — 13. Satelliti di Giove. — 14. Saturno. — 15. Anelli di Saturno. — 16. Satelliti di Saturno. — 17. Urano — 18. Nettuno. — 19. Considerazioni generali.

1. Noi siamo sulla Terra, e da qualunque punto della sua superficie vediamo il cielo come la cupola di un tempio sconfinato, come un emisfero cavo che ci sovrasta, e pare riposi sul nostro orizzonte. Pare soltanto, poichè sotto all'orizzonte, sotto ai nostri piedi esiste un altro emisfero cavo, continuazione di quello che ci sovrasta. Noi colla Terra ci libriamo sospesi nello spazio, e la sfera celeste, limite apparente di questo spazio, non mai interrotta ci avvolge da ogni parte.

Tramonta il Sole, sopraggiunge la notte e la volta del cielo splende di astri innumerevoli, ma sotto ai nostri piedi, sotto al nostro orizzonte un altro firmamento esiste pur disseminato di stelle. Se la Terra fosse trasparente, se il Sole cessasse per un momento di splendere, noi ci troveremmo pressochè al centro d'una vasta sfera tutta sparsa di stelle. Mi ricordo d'aver letto una poesia gentile, in cui il poeta, vogando una notte serena su lago tranquillo, vede in esso riflettersi le stelle, e pensa di navigare fra due cieli. L'immagine del poeta è una realtà; la Terra è appunto sospesa fra due cieli, ed è circondata per ogni dove da stelle.

La Terra, essendo opaca, noi vediamo di notte la metà soltanto della sfera stellata che ci circonda; in faccia al Sole scomparendo ogni astro, di giorno non vediamo stelle, ma di giorno come di notte stelle esistono in ogni direzione attorno a noi, sopra e sotto il nostro orizzonte. Tutte queste stelle senza eccezione cambiano rispetto all'orizzonte incessantemente di luogo, e tutte, trascorse 24 ore, riprendono rispetto ad esso la medesima posizione.

Immagini il lettore che $OPRP'$ (fig. 2) rappresenti il firmamento; immagini la Terra in $C$, ed in $OCR$ uno degli orizzonti terrestri. Tutte le stelle conservano invariata la propria distanza dal punto $P$ (polo settentrionale) che nelle nostre latitudini appare ad un'altezza di 45 gradi circa sull'orizzonte a nord; tutte percorrono con moto uniforme ed in 24 ore circoli paralleli, come quelli rappresentati proiettivamente dalle linee $OO'$, $SUS'$, $TVT'$, $R'R$; alcune stelle non tramontano mai, e sono le disseminate sulla calotta $OPO'$; altre non sorgono mai, ed appartengono alla calotta opposta $RP'R'$; alcune stelle rasentano l'orizzonte senza tramontare e percorrono il circolo $OO'$, altre si muovono lunghesso $RR'$, rasentano l'orizzonte e sovr'esso non sorgono; la più gran parte delle stelle, quella disseminata nella vasta zona $OO'$ $RR'$ del firmamento, tocca l'orizzonte e sott'esso scompare per riapparire più tardi in un punto simmetrico ed opposto.

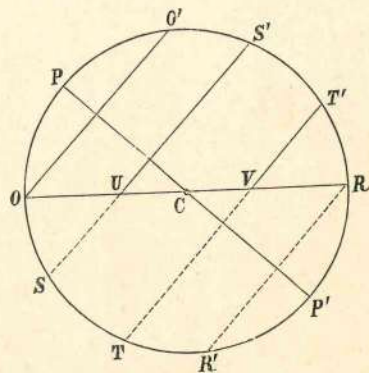



Fig. 2.

Se non splendesse il Sole, e se la Terra fosse trasparente basterebbero 24 ore per vedere il moto generale delle stelle appena descritto. Si direbbe che il firmamento ruota, con moto incessante ed uniforme, intorno ad un asse ideale determinato dai punti $P$

e $P$, portando seco tutte le stelle. Questo dissero infatti gli antichi, guidati dalle apparenze. Per loro il cielo era una sfera reale, e le stelle giacevano tutte sulla superficie di questa sfera; essa ruotava incessantemente intorno a sè medesima, compieva in 24 ore una rotazione, e produceva così il moto diurno delle stelle.

Per noi il cielo non è che una parvenza, le stelle si librano nello spazio a distanze diversissime, e solo per le leggi della prospettiva noi le vediamo proiettate sulla volta che apparentemente contermina lo spazio. Per noi non è il firmamento, non sono le stelle che si muovono. A che far muovere tante stelle? È la Terra che, librata nello spazio, ruota attorno a sè stessa, compiendo in 24 ore una rotazione. La rotazione diurna del firmamento da oriente ad occidente, da destra a sinistra di chi volge la faccia a nord, è una pura apparenza, ed è prodotta da una rotazione reale inversa, da occidente a oriente, della Terra.

2. Fra gli astri del cielo alcuni pochi, pur partecipando al moto diurno di tutte le stelle, cambiano continuamente rispetto a queste la loro posizione. Sono astri erranti, e per questo gli antichi li chiamarono pianeti; formano in cielo una famiglia a parte, e costituiscono fin dall'antichità il Sistema planetario.

Per gli antichi i pianeti erano sette; i loro moti erano prodotti da ciò che essi si aggiravano a distanze diverse ed in orbite circolari concentriche attorno alla Terra; erano a questa più vicini quelli che si muovevano più velocemente, e per ordine di distanza si susseguivano così: Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove, Saturno. Da queste loro idee nacque la settimana di tanti giorni quanti appunto erano i pianeti; nacquero i nomi dei giorni, Lunedì da Luna, Martedì da Marte, Mercoledì da Mercurio, Giovedì da Giove, Venerdì da Venere, Sabbato da Saturno, Domenica dal Sole; nacque il Sistema dell'universo detto Tolemaico da Tolomeo, nel quale (tav. XIV e XV) la Terra occupa appunto il centro, e attorno ad essa si svolgono successivamente le orbite dei pianeti, abbracciate tutte dalla sfera delle fisse.

Gli antichi nei loro concetti intorno al Sistema dei pianeti si lasciavano guidare in parte dall'osservazione dei loro moti, in parte dalle idee preconcette che il circolo, la più perfetta delle linee, era la sola orbita possibile pei corpi del cielo, e che la Terra, soggiorno dell'uomo, era il solo centro degno del mondo. Noi ci facciamo guidare invece unicamente dai fatti; osserviamo prima questi, ed i fatti osservati cerchiamo poi di dominare col lavoro del pensiero.

L'osservazione dei moti dei pianeti condusse noi a scambiare le parti della Terra e del Sole, a mettere questo immobile nel centro dell'universo, e a far muovere la Terra in quell'orbita che gli antichi attribuivano al Sole. La Terra da centro e capo del Sistema decadde così a semplice parte di esso; la Luna sola continuò a muoversi intorno ad essa come a centro, ma la Luna pure, da pianeta ch'essa era presso gli antichi, decadde ad essere un semplice satellite della Terra.

Non fu cosa facile riescire a tanto; ci vollero secoli di lavoro accumulato, ci volle l'intuito del vero metodo di ricerca, lo studio profondo di uomini di genio, Copernico, Keplero, Galileo, Newton. Il Sistema planetario, quale da noi si concepisce, Sistema Copernicano, non è un concepimento puro ed astratto, ma è il portato dei moti planetarii osservati, e la verità sua risulta da ciò appunto che esso di tutti questi moti dà, come sarà mostrato in seguito, perfettamente ragione.

3. Nel Sistema Copernicano ha grande importanza la linea detta ellissi: è una curva chiusa che, come il circolo, ritorna infinite volte sopra sè medesima. Nell'interno del circolo v'è un solo punto speciale, il centro; nell'interno dell'ellissi ve ne sono due, i fuochi. Nel circolo ogni punto della circonferenza è ugualmente lontano dal centro; nell'ellissi ogni punto è tale che la distanza da esso ad uno dei fuochi sommata a quella da esso all'altro fuoco dà una quantità costante. Oltre ai due fuochi $S$, $S_1$ (fig. 3) son degni di nota nell'ellissi il centro $C$, la linea $AB$, asse maggiore, la linea $DE$, asse minore, la distanza $CS$,

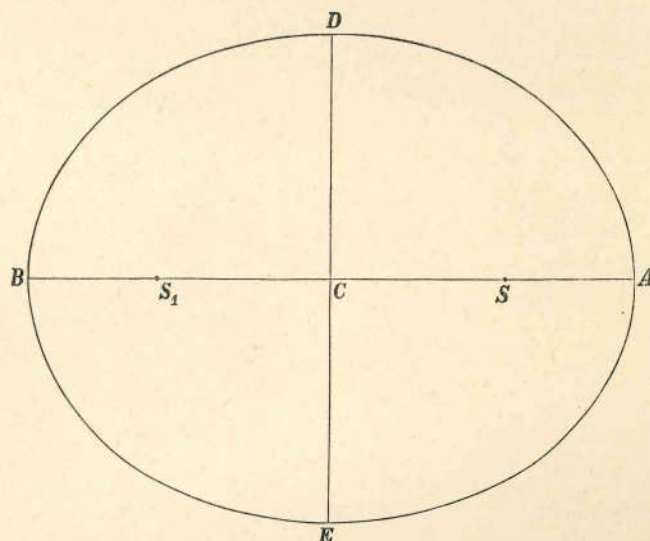
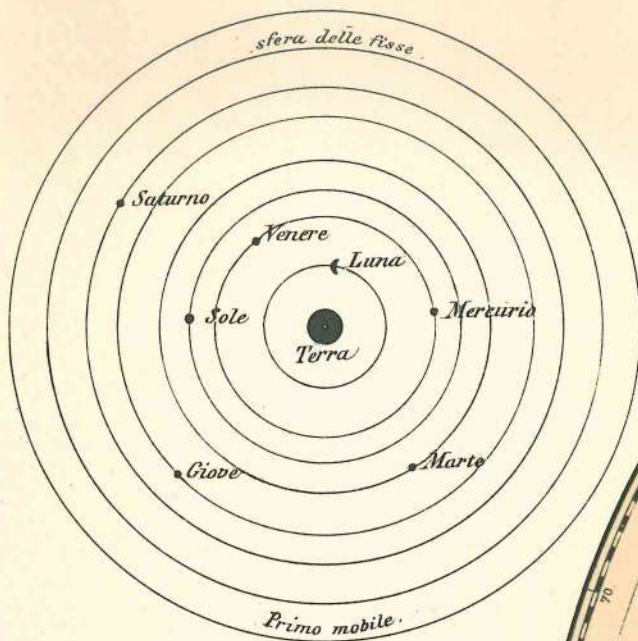
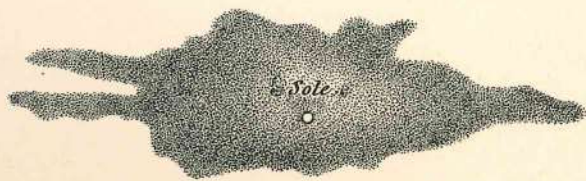



Fig. 3.

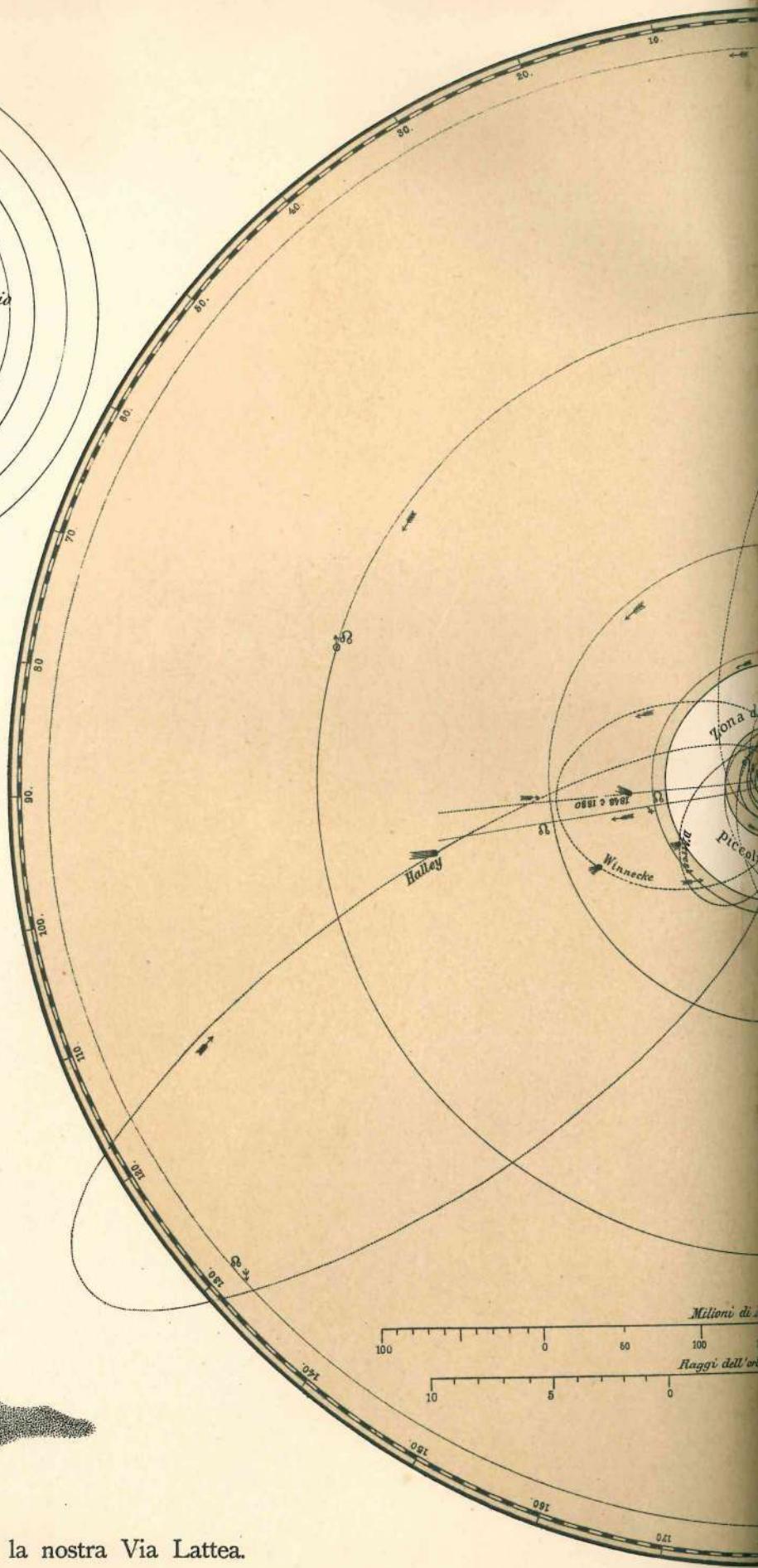
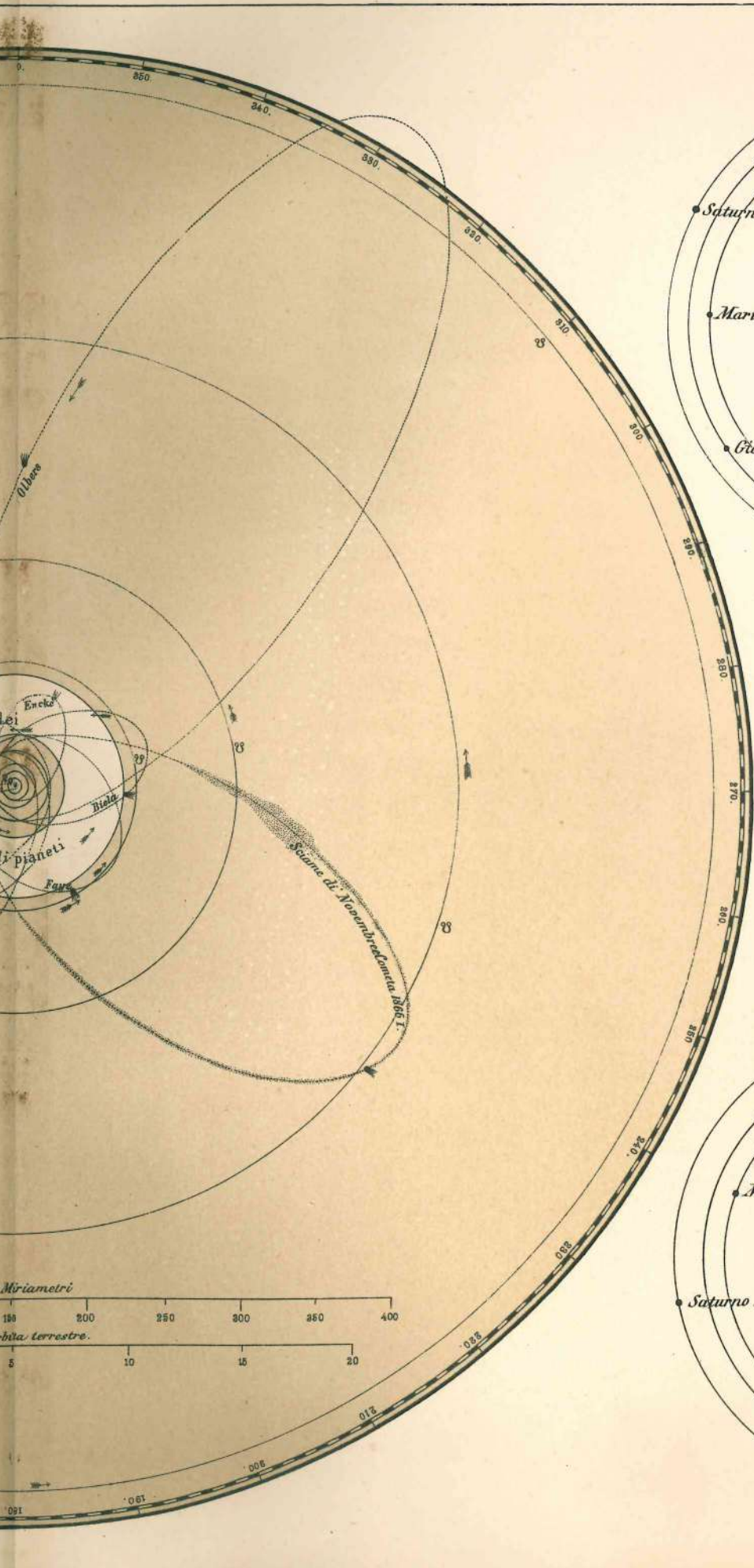
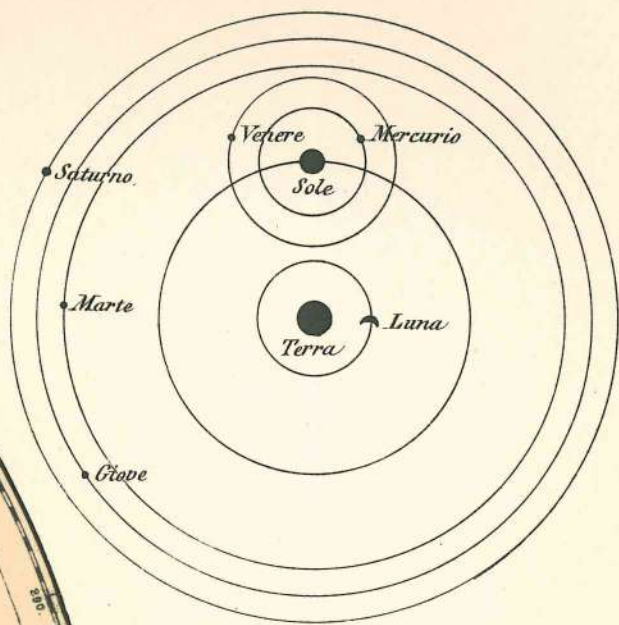
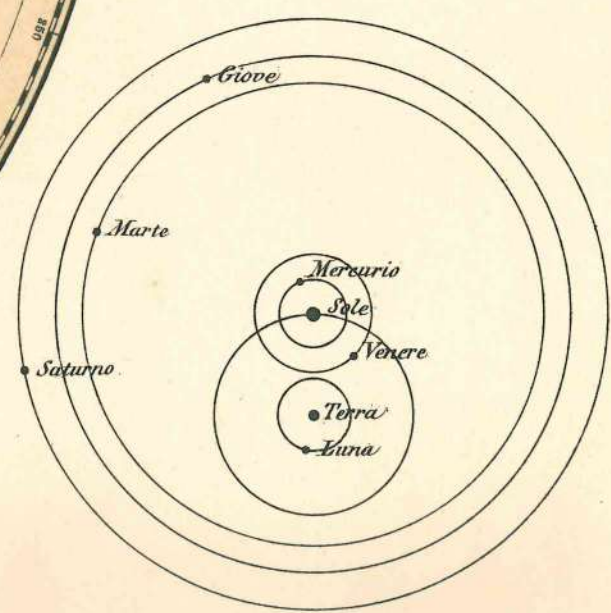
eccentricità, e rispetto ad uno dei fuochi, $S$ ad esempio, importa nell'ellissi considerare la distanza $AS$, distanza perielia, la $BS$, distanza afelia, il punto $A$, perielio, il punto $B$, afelio.

Nel Sistema Copernicano ogni pianeta percorre nello spazio un'ellissi; tutte le ellissi del Sistema hanno uno dei fuochi comune, e in questo giace il Sole. Già gli antichi avevano osservato che i movimenti dei pianeti non sono uniformi, ed a spiegare questo fatto per mezzo di soli circoli avevano dovuto ideare un edifizio celebre, ingegnoso, ma complicatissimo. La forma ellittica delle orbite, col Sole in uno dei fuochi, dà del fatto stesso una spiegazione generale, semplice e conforme alle leggi della Meccanica.

L'ellissi percorsa da un pianeta, orbita del pianeta, giace in un piano determinato, piano dell'orbita; i

Sistema Tolemaico.

Sistema delle stelle fisse componenti la nostra Via Lattea.



Sistema

Ulrico Hoepli, Editore Libraio della Real casa

piani di tutte le orbite planetarie si riferiscono al piano dell'orbita della Terra, eclittica. Si considera a parte la linea d'intersezione del piano d'ogni orbita planetaria col piano dell'eclittica, linea dei nodi; si considera ancora l'angolo che il piano d'ogni orbita fa coll'eclittica, inclinazione dell'orbita. Questi due dati, che determinano il piano in cui giace l'ellissi percorsa da un dato pianeta, gli altri già accennati, quali l'asse maggiore, l'eccentricità e via, che servono a determinare la forma e le dimensioni dell'ellissi stessa, costituiscono tutti insieme gli elementi dell'orbita.

Nella tavola XIV-XV è disegnato il Sistema Copernicano con tutte le orbite dei pianeti e con quelle di alcuni altri corpi, Comete, che si aggirano attorno al Sole. Le orbite dei pianeti hanno piccole eccentricità, ed appaiono all'occhio come circoli; quelle delle Comete sono fortemente ellittiche; i pianeti considerati sono Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove, Saturno, già noti agli antichi, Urano, i piccoli-pianeti, Nettuno scoperti dopo l'invenzione dei cannocchiali; ogni pianeta è indicato dal segno convenzionale per esso adottato dagli astronomi (tav. XVI). A farsi un'idea chiara del come le cose stanno in realtà giova pensare che l'eclittica sola coincide col piano del disegno, e che tutte le altre orbite nella tav. XIV-XV disegnate stanno in parte sopra, in parte sotto l'eclittica. Le linee d'intersezione dei piani di queste orbite coll'eclittica passano tutte pel punto in cui giace il Sole, e per alcune orbite sono indicate inoltre dai punti ☊ ed ☋, nodi.

4. Le orbite che nella tavola XIV-XV tanto si addensano attorno al Sole, in realtà hanno dimensioni delle quali difficilmente si arriva ad avere un concetto concreto. Si tratta di milioni di chilometri, come risulta dal quadro numerico seguente, nel quale sono scritte le distanze medie dei grandi pianeti dal Sole, posta l'unità uguale, colonna *A*, ad un milione di chilometri, e, colonna *B*, alla distanza media che separa la Terra dal Sole.

| | Distanza dal Sole | | Diametro | | Massa |
|---|---|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* | *D* | |
| Mercurio. . . | 57,5 | 0,387 | 4816 | 0,38 | 0,04 |
| Venere. . . . | 107,5 | 0,723 | 11969 | 0,94 | 0,78 |
| Terra. . . . . | 148,7 | 1,000 | 12756 | 1,00 | 1,00 |
| Marte . . . . | 226,5 | 1 524 | 6745 | 0,53 | 0,11 |
| Giove . . . . | 773,8 | 5,203 | 143757 | 11,27 | 308,00 |
| Saturno . . . | 1417,8 | 9,539 | 119080 | 9,55 | 92,00 |
| Urano . . . . | 2851,4 | 19,183 | 59171 | 4,64 | 14,00 |
| Nettuno . . . | 4467,6 | 30,057 | 54979 | 4,31 | 17,00 |

Nel Sistema planetario il Sole prepondera e per le dimensioni sue, e per la quantità di materia, massa, in esso raccolta; il suo diametro misura 1386690 chilometri ed equivale a 108,71 diametri della Terra; la sua massa è 322800 volte la massa terrestre, o in altre parole esso pesa 322800 volte il peso della Terra. I diametri e le masse dei pianeti principali sono date dal quadro numerico precedente; per le masse è presa come unità la massa della Terra, pei diametri è preso per unità nella colonna *C* il chilometro, nella *D* il diametro terrestre.

Meglio di tutti questi numeri giova, a farsi un concetto chiaro e concreto della grandezza relativa dei diversi corpi del Sistema solare, uno sguardo gettato sulla tav. XVI, nella quale il grande disco rappresenta il Sole, e i dischetti quello a che di fronte al Sole si riducono i pianeti. Così grande è il Sole, che esso, ove avesse il suo centro nel centro della Terra, occuperebbe col suo corpo smisurato non solo tutta la sfera che ha per raggio la distanza (tavola XVI) dalla Terra alla Luna, ma spingerebbe la propria superficie molto oltre la Luna, 48 raggi terrestri al di là di essa.

5. Mercurio è il pianeta più vicino al Sole, e da questa prossimità e da ciò che nella Mitologia il dio Mercurio gode tutta la confidenza di Apollo trasse forse il suo nome. I Greci lo chiamarono talora Stilbon, lucente. Fra gli astrologi ebbe quasi un culto, ed esso, secondo loro, dava allo spirito umano l'acutezza e la versatilità, all'animo la vivacità, al corpo la forza e la salute.

La sua forma è quella di una sfera; la sua superficie misura la settima parte circa della superficie terrestre, il suo volume i sei centesimi appena del volume della Terra. Si muove attorno al Sole in una ellissi, di cui l'eccentricità *CS* (fig. 3) è i due decimi circa del semiasse maggiore *CA*, e le sue distanze minima, media, massima dal Sole seguono press'a poco il rapporto dei numeri 66, 83, 100. In circa 88 giorni ($87^g\ 23^h\ 15^m\ 44^s$) compie una rivoluzione; la velocità con cui esso corre sulla propria orbita è vertiginosa; essa varia da uno ad un altro punto dell'ellissi, varia in modo che in tempi uguali il pianeta percorre attorno al Sole aree uguali, ma in media è tale che per essa Mercurio lascia dietro di sè in un minuto secondo 49 chilometri circa. Nello stesso tempo che rivolgesi attorno al Sole, esso ruota intorno a sè medesimo; si ritenne per lungo tempo la durata di questa rotazione uguale a 24 ore circa, ma lo Schiaparelli dimostrò recentemente che Mercurio si rivolge nella sua orbita mantenendo sempre lo stesso emisfero verso il Sole, e che la sua rotazione e la sua rivoluzione hanno ugual durata.

Mercurio è opaco, splende per luce solare che la sua superficie riflette, ed esso riceve dal Sole una luce sette volte circa più intensa di quella che riceve la Terra. Le righe oscure dello spettro luminoso di Mercurio corrispondono a pennello a quelle dello spettro del Sole; si incontrano in esso quelle righe ancora che nello spettro solare vedonsi soltanto quando il Sole è basso sui nostri orizzonti, e sono prodotte dall'assorbimento esercitato sovra i suoi raggi luminosi dall'atmosfera terrestre. Probabilmente quindi anche Mercurio è per ogni parte avvolto da un oceano aereo, il quale ha sulla luce solare un'efficacia assorbente sensibile, e all'esistenza di questa sua atmosfera anche le osservazioni telescopiche dirette sono favorevoli.

La superficie di Mercurio è sparsa di macchie oscure (fig. 4) permanenti quanto a forma e disposizione, ma non sempre ugualmente manifeste, divenendo esse talvolta più intense, tal altra più pallide. Sono appunto queste macchie che guidano a ricercare quanto duri la rotazione del pianeta, sebbene sulla loro natura sia difficile esporre una opinione fondata. Esse potrebbero dipendere semplicemente, come nella Luna, dalla diversa materia e struttura degli strati solidi superficiali, ma, esistendo su Mercurio un'atmosfera capace di condensazioni e forse anche di precipitazioni, potrebbero anche essere qualche cosa di analogo ai nostri mari.

Fig. 4.

Mercurio si muove attorno al Sole ad una distanza media da esso che è $^1/_3$ circa di quella a cui si muove la Terra. Ne segue che Mercurio è più lontano dalla Terra che dal Sole, che esso non può raggiungere una distanza dalla Terra minore di più che 81 milioni di chilometri, e può dalla Terra allontanarsi fino a 222 e più milioni di chilometri, che il suo diametro apparente, anche nell'istante del suo valor massimo, è di soli 13 secondi d'arco, e qualche volta diminuisce fino a misurarne 5 appena. Ne segue ancora che la orbita di Mercurio è dentro quella della Terra, è dall'eclittica per ogni parte abbracciata, e che, mentre Mercurio compie una rivoluzione, la Terra percorre appena $^1/_4$ della sua orbita.

Dato questo ordine di cose non è difficile farsi un concetto chiaro delle apparenze sotto cui Mercurio deve mostrarsi agli abitanti della Terra, tanto più che in questa indagine, essendo il moto della Terra assai più lento, non produrrà error sensibile il supporre che, mentre Mercurio percorre l'orbita sua, la Terra rimanga fissa in un punto $T$ della propria (fig. 5). Immaginisi Mercurio in $A$ oppure in $C$; nell'un punto e nell'altro si trova

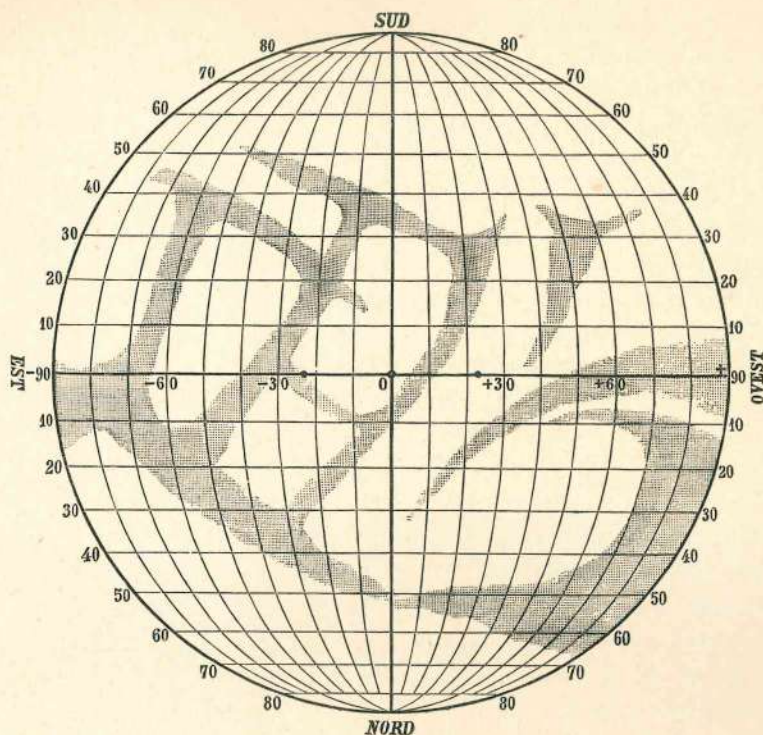
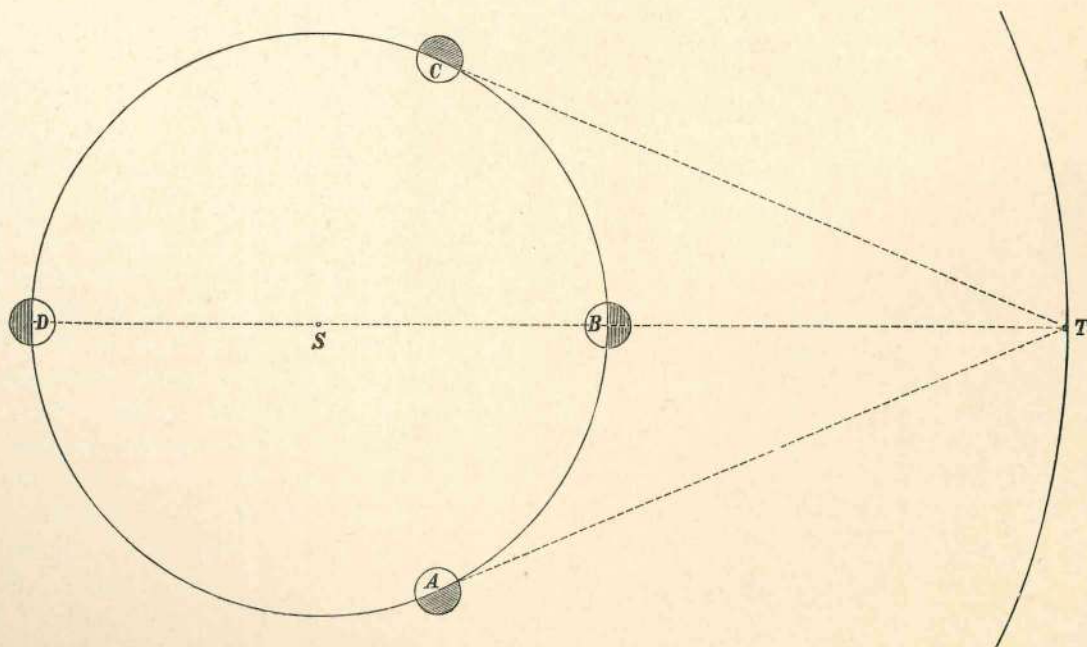



Fig. 5.

alla maggior distanza angolare possibile dal Sole, distanza misurata dall'angolo $A\ T\ S$ ed uguale in media a 23 gradi; sia in $A$ che in $C$ presenta alla Terra una parte sola del suo emisfero illuminato dal Sole, ed appare quindi, in quanto splende di luce solare riflessa, falcato così come la Luna. Quando è a sinistra del Sole in $A$ (elungazione) segue il Sole nel suo moto diurno, e, questo tramontato, esso rimane per qualche tempo visibile nel crepuscolo, basso sull'orizzonte verso occidente. Quando è nell'elungazione

opposta *C*, a destra del Sole, precede il Sole nel suo moto diurno; prima dell'aurora il Sole è ancora sotto l'orizzonte e Mercurio, che lo precede, brilla già sovra esso verso oriente. Nell'una e nell'altra elungazione Mercurio appar quindi falcato, e nell' una appare ad occidente appena tramontato il Sole, nell'altra ad oriente prima che il Sole sorga. Mercurio si trova nel punto *B* della propria orbita, congiunzione inferiore, volge alla Terra l'emisfero sul quale la luce del Sole non arriva, giace in un piano diverso da quello in cui stanno il Sole e la Terra, e diventa per conseguenza invisibile. Mercurio passa pel punto *D* dell'orbita sua esso pure fuori del piano dell'eclittica (congiunzione superiore); è allora alla sua massima distanza dalla Terra, ma a questa rivolge l'emisfero illuminato dal Sole ed appare quindi rotondo, intero, sotto forma di un disco lucentissimo. — Mercurio pieno in *D*, falcato in *A* ed in *C*, invisibile in *B*, passa insensibilmente, percorrendo i rimanenti tratti dell'orbita sua, da pieno a falcato, da falcato ad invisibile, ed, in altre parole, passa durante una rivoluzione per fasi analoghe a quelle della Luna, fasi che l'occhio nudo non può afferrare, e che solo un cannocchiale di qualche forza riesce a mettere in evidenza. Le sue fasi dipendono da ciò che esso è opaco e splende per luce solare riflessa; le sue fasi e le altre apparenze sue dipendono da ciò che esso si muove attorno al Sole e non attorno alla Terra.

6. Venere si rivolge attorno al Sole così come la Terra, e l'orbita sua è intorno intorno chiusa per intero dall'orbita terrestre, così com'è l'orbita di Mercurio. Le circostanze del moto rivolutivo di Venere essendo analoghe a quelle del moto di Mercurio, analoghe ne sono pure le apparenze. Anche Venere, quando è nella sua congiunzione inferiore (punto *B* fig. 5), scompare agli osservatori terrestri; anch'essa, quando è nella sua congiunzione superiore (punto *D*), appare rotonda, piena e sotto forma di un disco perfetto; anch'essa, allorchè si trova nelle elungazioni (punti *A* e *C*), appare falcata; anch'essa, pochi giorni prima della congiunzione inferiore, appare come una sottilissima falce luminosa; anch'essa, durante una rivoluzione, passa per fasi analoghe a quelle della Luna.

Cynthiae figuras aemulatur mater amorum.

Anche Venere, come Mercurio, non vedesi mai più lontana dal Sole di un angolo determinato, 48 gradi circa. Si trova allora nelle sue elungazioni; e se nell'elungazione a sinistra del Sole, lo segue nel suo moto diurno, ed, esso tramontato, brilla ancora per qualche tempo sull'orizzonte ad occidente; se nell'elungazione a destra del Sole, precede questo nel suo moto diurno, e, mentre il Sole è ancora sotto all'orizzonte, essa brilla già ad oriente. Espero o apportatore della sera nell'un caso, Lucifero o apportatore della luce nell'altro; nell'un caso e nell'altro

. . . . . stella
Che il Sol vagheggia or da coppa or da ciglio.

Le fasi di Venere e di Mercurio, le loro elungazioni e le rimanenti particolarità del loro moto costituirono uno degli scogli più gravi pel Sistema Tolemaico, e formarono uno dei più validi argomenti a favore del Copernicano . . . Da questa mirabile esperienza, sono parole di Galileo, abbiamo sensata e certa dimostrazione di due gran questioni rimaste fin qui dubbie fra i maggiori ingegni del mondo. L'una è che i pianeti tutti son di lor natura tenebrosi: l'altra che Venere necessariamente si volge attorno al Sole, come anco Mercurio; cosa che degli altri pianeti fu creduta dai Pitagorici, dal Copernico e da loro seguaci, ma non sensatamente provata come ora in Venere ed in Mercurio . . .

Già fra gli antichi alcuni avevano in parte corretto il Sistema Tolemaico, facendo muovere Mercurio e Venere attorno al Sole. Nel Sistema Egiziano infatti (tav. XIV-XV) la Luna, il Sole, Marte, Giove e Saturno girano attorno alla Terra, mentre Mercurio e Venere girano attorno al Sole. Qualche cosa di analogo escogitò pure Ticone, posteriore a Copernico, pur di non dare moto alla Terra. Nel suo Sistema (tav. XIV-XV) la Terra continua a rimanere centro dell' universo, ma intorno ad essa non girano più che Luna e Sole, e tutti i rimanenti pianeti Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno girano attorno al Sole.

Venere si muove attorno al Sole in un'orbita ellittica di minima eccentricità, e per conseguenza assai poco diversa da un circolo; compie una rivoluzione in poco meno che 225 (224,70) giorni; durante una rivoluzione appare agli abitanti della Terra con diametri diversissimi (tav. XVI), talora sotto un angolo di perfino 65 secondi d'arco, talora sotto uno di 10 appena, e ciò perchè, in grazia del suo moto nello spazio e della posizione dell'orbita sua rispetto alla terrestre, essa passa a distanze diversissime dalla Terra, avvicinandosi ad essa fino a 37 milioni di chilometri, allontanandosene fino a 266 circa.

Venere non mostra schiacciamento o deviazione alcuna dalla forma sferica; il suo diametro, la superficie, il volume di poco sono inferiori a quelli della Terra, di molto superano quelli di Mercurio. La grandezza del diametro suo, l'essere dessa prossima al Sole e ciò non pertanto abbastanza lontana da poter mostrarsi in cielo non sempre, come Mercurio, avvolta da forte crepuscolo, fanno sì che Venere è di gran lunga il più splendido e brillante dei pianeti. La sua luce tutte le altre lascia di molto dietro a sè; il suo è uno splendore che affascina, e forse da ciò nacque il suo nome in una età vaga di tutto poetizzare. Quando è piena, essa è anche alla sua distanza massima dalla Terra, e, malgrado nella sua massima fase, appare piccola, nè molto lucente (tavola XVI). Essa raggiunge il suo massimo splendore quando è falcata, e quando l'angolo compreso fra le visuali che dalla Terra vanno ad essa ed al Sole è di 40 gradi; il suo splendore non cresce colle fasi, in ciò ben diversa dalla Luna.

Il disco di Venere non appare tempestato di mac-

chie oscure permanenti; qualche volta soltanto si vede lo splendor suo uniforme impallidire qua e là per breve tratto, ma si tratta in generale di cosa da poco e fugace. Venere ha certo un'atmosfera, e probabilmente un'atmosfera più pura e trasparente della terrestre, ciò che dovrebbe produrre sovr'essa un cielo assai meno e più di rado corrucciato che il nostro. Le piccole macchie che finora si è giunti a constatare su Venere sono infatti poco frequenti, appaiono tenui, diffuse, e più che le nostre nubi richiamano le nostre nebbie meno dense. La tenuità di queste macchie rende assai difficile determinare quanto duri la rotazione di Venere intorno a sè medesima, anzi può dirsi che la durata di questa rotazione è tuttora un problema aperto ed insoluto. Le recenti ricerche dello Schiaparelli escludono che essa sia di circa 24 ore, come dai più si è creduto, e rendono piuttosto verosimile che essa duri quanto la rivoluzione, e che Venere rivolga essa pure, così come Mercurio, sempre lo stesso emisfero al Sole.

Talora, mentre Venere brilla sull'orizzonte ridotta a falce sottilissima, si vede di essa l'intero disco (tav. XVI fig. 1) grazie ad una luce debole ed incerta sovr'esso diffusa. È una luce che richiama la luce cinerea della Luna, ma che non si può spiegare in modo analogo, ricorrendo a luce riflessa dalla Terra oppure da Mercurio verso Venere. Alcuni l'hanno attribuita ad una fosforescenza intrinseca all'atmosfera o alla superficie del pianeta, ma anche questa spiegazione ha il suo lato debole. La luce secondaria di Venere, fenomeno che si osserva saltuariamente e a lunghi intervalli, rimane per ora inesplicata.

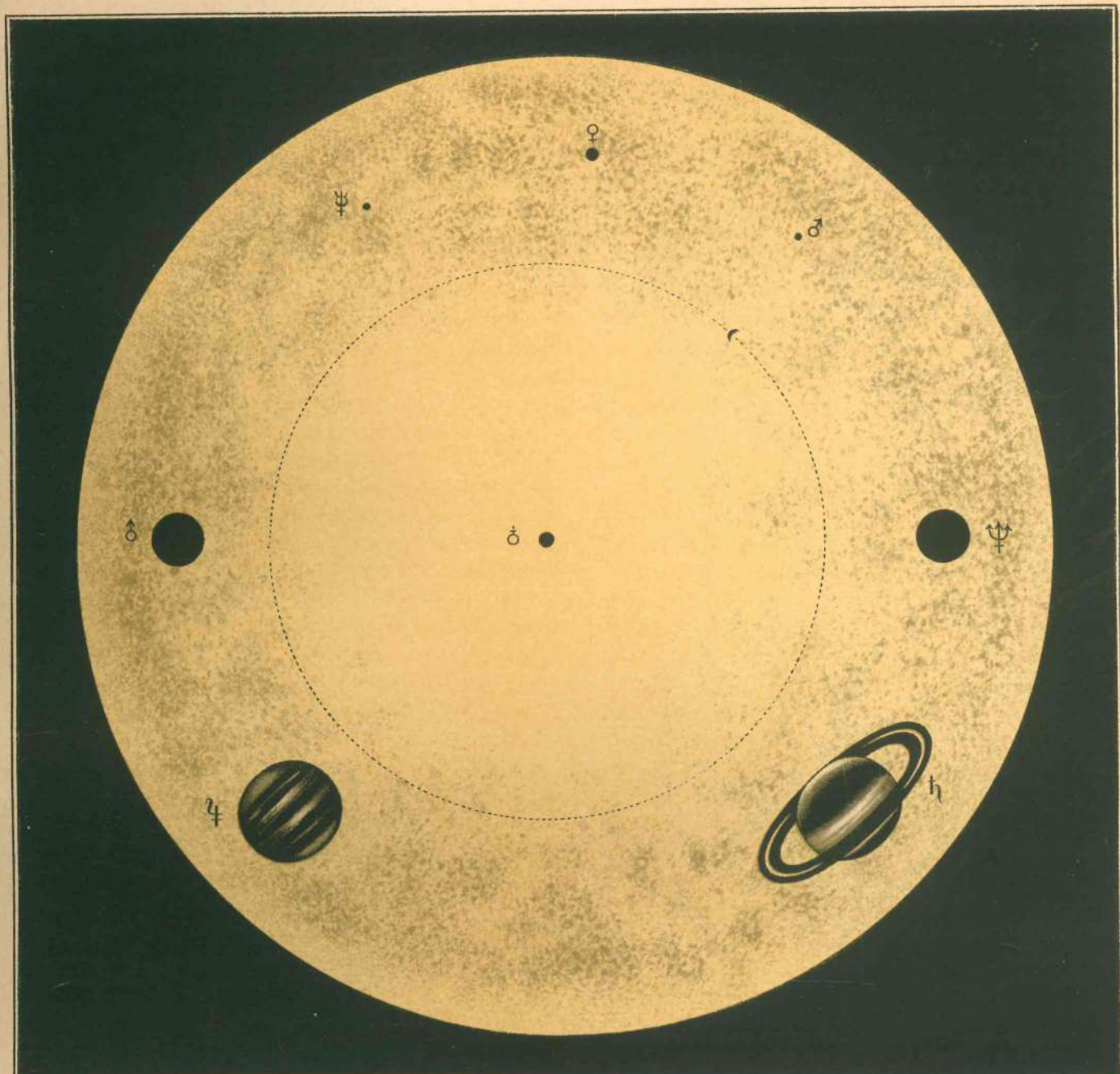
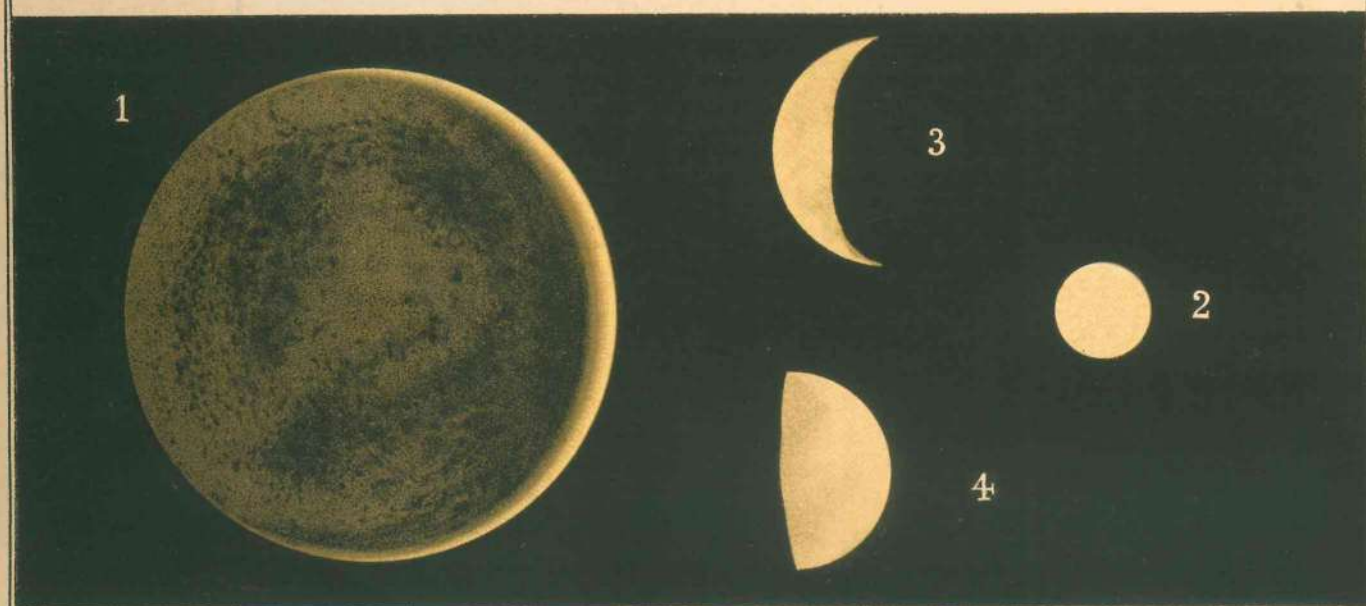
7. Dare moto alla Terra, farla roteare e ad un tempo correre velocissima attraverso allo spazio universo fu certo il pensiero più robusto ed audace della mente umana. Stando sulla Terra, noi attribuiamo al Sole un movimento che in realtà appartiene alla Terra. Questa si muove attorno al Sole in un'orbita ellittica che per ordine di distanza vien dopo quella di Venere, e contemporaneamente ruota intorno a sè stessa. Compie la sua rivoluzione in 365 giorni e un quarto circa, la sua rotazione in 24 ore; la sua rivoluzione produce il nostro anno, la rotazione il nostro giorno, il sorgere, il tramontare del Sole e di tutti gli astri del cielo.

La Terra è, come gli altri pianeti, tenebrosa, opaca; splende essa pure quale astro nello spazio per luce solare riflessa; vista dal Sole apparirebbe come un globulo lucente, una pallottola di diametro apparente uguale a circa 17 secondi d'arco. A così piccola cosa può ridursi questa Terra, che è pur così grande, solo che si cambii il punto di vista! La Terra non è sferica, non è neppure di forma esattamente e geometricamente definibile. La forma che meglio delle altre si avvicina alla sua è quella di un ellissoide di rivoluzione di cui il semidiametro equatoriale misura 6378249 metri, il semidiametro polare 6356515: quando si parla di raggio terrestre si accenna all'equatoriale.

Nell'economia terrestre ha una parte importantissima l'atmosfera, ed è probabile che altrettanto succeda in tutti i pianeti d'atmosfera dotati. Nell'atmosfera terrestre correnti continue si succedono senza posa, le une ascendono, le altre precipitano; le une vanno dall'equatore al polo, le altre battono la via opposta, ed in mezzo a tanto movimento le nubi si formano, le bufere si svolgono, la grandine ha origine, l'elettricità si sviluppa e si condensa, i lampi e i tuoni si susseguono, le aurore polari splendono, i semi della vita organica si agitano sospesi, la luce in mille guise si inflette e riflette generando il colore del cielo, i colori vari ed attraentissimi degli oggetti, le onde sonore in modo inconcepibile s'incontrano, si fondono, si percuotono e ripercuotono, veicoli inconsci dell'armonia e del suono, del linguaggio e delle idee umane.

Al di là dell'atmosfera terrestre, molto al di là, a una distanza di 384400 chilometri, v'è qualche cosa che appartiene ancora alla Terra, v'è il satellite suo (cap. II), la Luna, di cui il diametro è 0,273 del diametro terrestre, e di cui la massa è $^1/_{80}$ della massa della Terra.

8. Tutti i pianeti che si aggirano attorno al Sole a distanze maggiori della Terra, pianeti superiori, presentano alcune particolarità di moto che importa conoscere. V'è un momento in cui il pianeta, il Sole e la Terra si trovano rispettivamente in $C$, in $S$, in $O$ (fig. 6), ossia (astrazion fatta dall'inclinazione che il piano dell'orbita del pianeta ha sull'eclittica) in linea retta, essendo il Sole frammezzo (congiunzione del pianeta); allora dalla Terra, e il pianeta e il Sole si vedono lungo visuali che giaciono in un istesso piano, ed essi passano per conseguenza contemporaneamente al meridiano, ed il pianeta immerso nella luce solare è invisibile. V'è un altro momento in cui i tre corpi vengono ancora a disporsi in linea retta, $S\ O\ O$, essendo però la Terra frammezzo (opposizione del pianeta); allora il pianeta è a 180 gradi dal Sole, culmina 12 ore dopo di esso, e durante la notte se ne può seguire in cielo l'intero arco diurno. Quando il pianeta esce dalla sua congiunzione col Sole, è alla sua distanza massima dalla Terra, ed appare piccolissimo; quando è in opposizione, è anche alla sua distanza minima dalla Terra, ed assume per conseguenza la sua grandezza massima apparente.

Tutti i pianeti pel loro moto proprio percorrono il cielo da occidente verso oriente, da destra verso sinistra di chi li guarda. I pianeti superiori nella più gran parte di loro apparizione si muovono essi pure di questo moto diretto, ma prima di arrivare all'opposizione rallentano a gradi a gradi il loro moto, finchè si arrestano per intiero; dopo una sosta (stazione) di qualche durata, prendono a muoversi da oriente ad occidente, da sinistra a destra (moto retrogrado), e retrocedendo fra le stelle raggiungono l'opposizione; continuano al di là di questa il loro moto retrogrado, ed arrivano così ad una seconda sosta o stazione, a partire dalla quale riprendono il moto normale diretto, da occidente ad oriente.

Grandezze relative del Sole e dei pianeti.

Atlante Astronomico.

Venere.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

1. Nelle vicinanze della congiunzione inferiore.
3. Espero nel suo massimo splendore.
4. Lucifero nella sua massima elungazione.
2. Nella congiunzione superiore.

Finchè si volle tener fissa la Terra, questo rallentarsi, stare, retrocedere, riavanzare dei pianeti superiori ebbe una spiegazione complicata, contorta, difficilissima. Dato il moto alla Terra, esso scaturì naturalmente dalla semplice rappresentazione dei fatti. La Terra si muove nella propria orbita, che qui si può supporre circolare, attorno ad $S$ (fig. 6); il pianeta si muove in un'orbita esteriore a quella della Terra, e, per le leggi della prospettiva, chi da questa

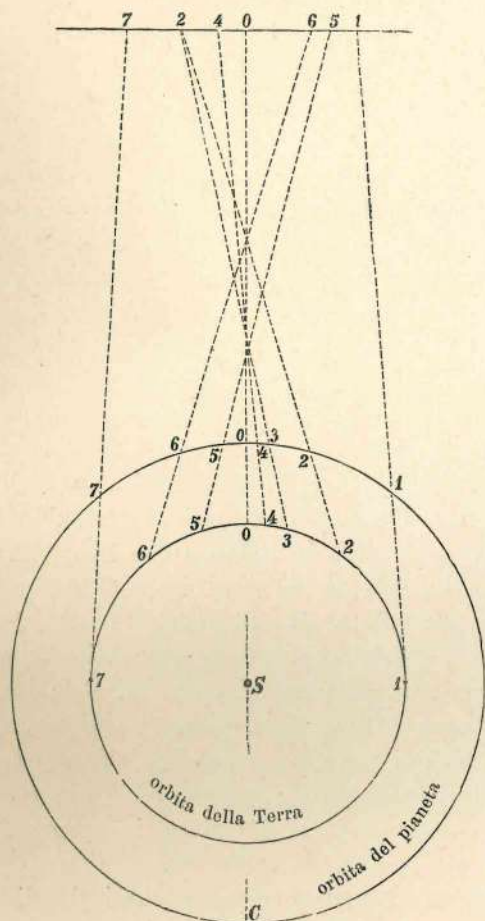



Fig. 6.

lo guarda, lo proietta sul fondo del cielo che apparentemente contermina lo spazio. Allorquando la Terra è in $o$ sulla propria orbita, ed il pianeta sull'orbita rispettiva è pure in $o$, questo è in opposizione e dalla Terra vien proiettato sul cielo in $o$. I punti 1, 2, 3 . . . sull'orbita terrestre, i punti 1, 2, 3 . . . sull'orbita del pianeta sono i punti contemporaneamente e rispettivamente occupati dalla Terra e dal pianeta; i punti 1, 2, 3 . . . in alto della figura sono quelli nei quali il pianeta viene sul cielo proiettato negli istanti in cui la Terra occupa rispettivamente le posizioni 1, 2, 3 . . . Nel tempo durante cui la Terra e il pianeta vanno sull'orbite loro da 1 a 2, il pianeta va apparentemente in cielo con moto diretto da 1 a 2; mentre la Terra e il pianeta vanno da 2 a 3, il pianeta pare in cielo fisso nel punto 2 (stazione); la Terra e il pianeta vanno dal punto 3, al punto 4, al punto $o$, al punto 5, e il pianeta pare in cielo retrocedere (moto retrogrado) dal punto 2, al punto 4, al punto 5, passando nel frattempo per $o$; la Terra e il pianeta continuano nello spazio il loro moto reale che li porta rispettivamente da 5, in 6, in 7 ed il pianeta prende apparentemente a muoversi in cielo di moto diretto da 5 verso 6 verso 7.

9. Marte si distingue facilmente pel color suo rosso, che gli valse l'appellativo di sanguigno e forse il nome del Dio della guerra e del sangue. È opaco, e splende per luce solare riflessa, sì che nello spettro suo luminoso ripetonsi le righe oscure proprie dello spettro del Sole.

Marte compie in circa 24 ore ($24^h\ 37^m\ 23^s$) una rotazione intorno a sè stesso, ed in 687 giorni circa ($686^g\ 23^h\ 30^m\ 41^s$) una rivoluzione intorno al Sole; durante la medesima esso assume distanze diversissime dalla Terra, e in conseguenza diametri apparenti diversissimi. Si avvicina alla Terra nelle opposizioni fino a 59 milioni di chilometri, se ne allontana nelle congiunzioni fino a 407; il suo diametro apparente passa da 10 a 25 secondi, l'ottantesima parte del diametro apparente del Sole. Non in tutte le opposizioni raggiunge questo diametro massimo, e ciò perchè la distanza fra esso e la Terra muta da una ad un'altra opposizione, secondo che questa avviene trovandosi il pianeta in uno od in un altro punto dell'orbita sua molto ellittica ed eccentrica.

Marte è più piccolo della Terra; il suo diametro di poco supera la metà del terrestre; la sua superficie è i $^3/_{10}$ della superficie della Terra, il suo volume è $^1/_6$ circa del volume della Terra. Non si è ben certi se Marte sia una sfera perfetta, oppure ruoti intorno ad un asse più corto che il suo diametro equatoriale. Il disco di Marte è disseminato di macchie permanenti, che in 50 anni e più non hanno mutato forma ed aspetto, e che appartengono alla parte continentale del pianeta. Sono macchie grandi e cupe, separate da altre meno scure e più lucenti; striscie lunghe e nere attraversano le macchie lucenti, e rilegano le oscure; macchie e striscie formano un intreccio complicato di dettagli diversamente tinti, ricchi di contrasti, di gradazioni e sfumature di ombre e di luce; macchie e striscie dànno luogo a configurazioni analoghe a quelle della Terra, e vedendole, le parole isola, istmo, stretto, golfo, penisola, promontorio, seno e via sorgono spontanee nella mente e corrono al labbro. Lo Schiaparelli sui dettagli visibili della superficie di Marte ampliò con osservazioni sagaci e celebri le cognizioni nostre, e dei disegni suoi sono appunto una riproduzione quelli della tavola XVII.

Nello spettro di Marte s'incontrano alcune righe che nello spettro solare non si dànno, e che corrispondono invece alle righe di assorbimento dell'atmosfera terrestre. Marte ha quindi un'atmosfera analoga alla nostra, nella quale esiste una quantità notabile di vapore d'acqua allo stato di gas trasparente. Sul disco di Marte appaiono talora macchie mutabili e fugaci. Si formano con vicenda più o meno rapida, si muovono, si deformano, si allungano in diverse maniere e qualche volta si sciolgono in filamenti pa-

ralleli; nascondono per qualche tempo i dettagli della superficie sottoposta quasi fossero un velo; si sciolgono, e i dettagli superficiali riappaiono. Evidentemente sono nebbie e nubi dell'atmosfera di Marte, e poichè vapori d'acqua in questa esistono, probabilmente sono nebbie e nubi analoghe alle terrestri.

Sul disco di Marte esistono due macchie bianche e splendenti come neve, che occupano le regioni circostanti ai due poli di rotazione del pianeta. La similitudine di posizione e di colore colle nevi dei poli terrestri è perfetta, e la supposizione che esse siano veramente masse di materia congelata e cristallizzata sarebbe per ciò solo molto probabile. Ma le variazioni che esse macchie subiscono, dipendentemente dalla più o meno intensa irradiazione del Sole sulle regioni loro, cambiano la probabilità in certezza quasi assoluta.

Su Marte esistono nebbie, nubi, vapori (probabilissimamente d'acqua) sotto forma vescicolare, ghiacci polari. Ora come potrebbero queste cose esistere se un fluido non esistesse sulla superficie del pianeta? Evidentemente Marte è circondato da un' atmosfera, e la superficie sua, a quest'atmosfera sottoposta, risulta di materiali in parte solidi, in parte liquidi. Il suo materiale liquido probabilissimamente è acqua, e le apparenze della superficie sua sono prodotte da regioni continentali ed oceaniche, da vere isole, penisole, continenti, da veri mari, laghi, fiumi, canali; la somiglianza di Marte alla Terra è grandissima.

10. Marte ha due satelliti, Phobos (spavento), Deimos (fuga), scoperti solo nel 1877 dall' astronomo americano A. Hall. Sono difficilissimi a vedere per le circostanze del loro moto, e quando diventano visibili lo sono solo attraverso a forti cannocchiali; sono vicinissimi a Marte, e, quando furono scoperti, Phobos distava dal contorno di Marte poco più che una volta il raggio apparente di questo, Deimos sei volte circa. Si tratta di distanze apparenti minime, uguali a 12 ed a 72 secondi d'arco circa, e vedere a distanze tali, in mezzo al bagliore della luce viva di Marte, due corpi esilissimi, quasi due punte d'ago luminose, può riescire solo all'occhio la cui forza di penetrazione sia acuita da un cannocchiale potente.

Phobos e Deimos sfuggirono per secoli alle ricerche umane, nè può far maraviglia, tanto essi sono piccoli e vicini al loro pianeta. Più che lune sono lunole; il diametro di Phobos misura appena 9,5 chilometri, quello di Deimos 8,4; Phobos dista dal centro di Marte 9340 chilometri, Deimos 23300; Phobos compie una rivoluzione intorno a Marte in poco più di 7 ore ($7^h\ 39^m\ 15^s$), Deimos in 30 circa ($30^h\ 17^m\ 54^s$).

11. Se si indica col numero 4 la distanza media che separa Mercurio dal Sole, le distanze analoghe di Venere, della Terra, di Marte, di Giove, di Saturno sono espresse rispettivamente dai numeri $4 + 3$; $4 + 6$; $4 + 12$; $4 + 48$; $4 + 96$ o, ciò che è lo stesso, dai numeri 7, 10, 16, 52, 100. Manca a questa progressione, ad essere continua, il numero $4 + 24$ ossia 28, e per gran tempo alcuni pensarono che fra Marte e Giove, alla distanza dal Sole espressa, nella progressione armonica di Titius e di Bode, dal numero $4 + 24$ un corpo ignoto doveva esistere. Lo pensarono, malgrado si sapesse che la progressione numerica, avvertita da Titius e intitolata dal nome di Bode, non è matematicamente esatta, è empirica e non ha un vero fondamento scientifico. Lo pensarono sovratutto guidati da quel senso della simmetria e dell'armonia che all'uomo è ispirato dalla più gran parte delle opere della natura.

Nei primi giorni del secolo nostro l'astronomo Piazzi scoprì a Palermo un pianeta, al quale diede il nome di Cerere, la placida Dea dell'agricoltura, e il quale si aggira ad una distanza media dal Sole press'a poco uguale a quella indicata dalla lacuna voluta dalla progressione dei numeri di Titius. Fu una fortunata scoperta, feconda di molte altre. Cerere è un pianeta assai piccolo, e non è unico nella plaga dello spazio in cui si aggira. Altri pianeti si muovono in essa, tutti a distanze dal Sole poco diverse fra loro, tutti piccoli, e costituiscono la famiglia dei piccoli pianeti, che ogni anno cresce, e che oggi ne conta 293.

Questi piccoli pianeti finora noti sono nella zona fra Marte e Giove disseminati sopra un' estensione larga tre volte circa la distanza che in media separa la Terra dal Sole, e che si sa (par. 4) essere uguale a 148 e più milioni di chilometri. Le orbite da essi percorse formano col loro intreccio vario e complesso un insieme, il quale nel Sistema del Sole contrasta singolarmente colle orbite ordinate a distanze ritmiche dei pianeti maggiori; una proprietà caratteristica hanno però comune con queste, ed è che esse pure vengono tutte percorse dai rispettivi planetoidi con moto diretto, da ovest verso est.

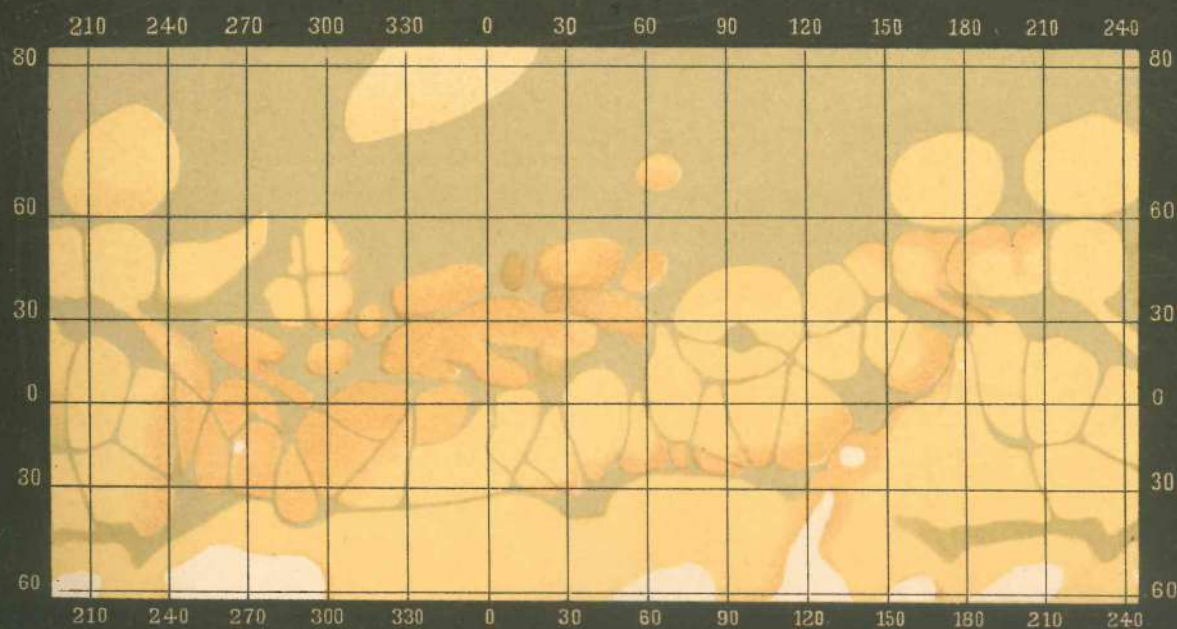
Si credette per qualche tempo che i piccoli pianeti fossero altrettanti frammenti dispersi di un pianeta unico, ma questo concetto cessò da lungo tempo di essere conciliabile coi dati dell'osservazione, nè si potrebbe ammettere che le 293 orbite di piccoli pianeti oggi conosciuti sieno mai passate un giorno tutte per un medesimo punto. Questi planetoidi sono disseminati nella zona interplanetaria loro propria in modo disuniforme; essi si aggruppano in gran numero intorno al luogo in cui secondo la legge di Titius dovrebbe muoversi un unico pianeta, ma formano altri gruppi minori a distanze diverse dal Sole, lasciando fra gruppo e gruppo plaghe intermedie relativamente vuote, plaghe che, cosa notevolissima, corrispondono a distanze medie dal Sole, per le quali i periodi di rivoluzione stanno in un rapporto semplice con quello di Giove.

I planetoidi si possono dividere in due gruppi, formati l'uno da quelli che pei fenomeni del loro splendore rassomigliano a Marte, l'altro da quelli che, quanto a dipendenza di splendore dalla fase, hanno una certa affinità colla Luna. I piccoli pianeti non hanno luce propria sensibile. Le masse di tutti i planetoidi, noti ed ignoti, esistenti possono, insieme

Marte in proiezione ortografica col centro di prospettiva in 0°, 90°, 180° e 270° di longitudine areografica.

Atlante Astronomico.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Carta di Marte nella proiezione di Mercator.

unite, produrre una massa equivalente al più ad un quarto della massa terrestre. È questo un limite massimo cui esse non potrebbero oltrepassare, senza produrre perturbazioni nel Sistema del Sole, che non sfuggirebbero certo alla precisione delle osservazioni odierne. Ora le dimensioni dei piccoli pianeti sono minime; il maggiore fra essi ha un diametro di 512 chilometri appena, e da questo diametro massimo si discende giù fino a planetoidi che hanno diametri di 22 e di 15 chilometri. I volumi dei piccoli pianeti ora noti fanno, insieme uniti, un volume che di poco supera la quattromillesima parte del volume della Terra; si hanno argomenti per pensare che le densità dei planetoidi sono minori della densità terrestre; i nostri 293 piccoli pianeti sono quindi colle loro masse ben lontani da quel quarto della massa terrestre che ne segna il limite massimo.

Tutto porta a pensare con fondamento che molti e molti piccoli pianeti ancora ignoti percorrono la plaga dello spazio interplanetario che si estende da Marte a Giove, che la zona dei planetoidi costituisce nel Sistema solare una riserva abbondante di materia tuttora ignota, e che l'êra delle scoperte in questa zona non è ancora chiusa.

12. Giove ha grande splendore, ed una luce giallognola caratteristica; il suo diametro apparente misura nell'opposizione 51 secondi d'arco, nella congiunzione 31; non è sferico, ma sensibilmente ovale; ruota rapidamente intorno a sè medesimo, e nello stesso tempo si rivolge attorno al Sole percorrendo una ellissi poco eccentrica; compie una rotazione in meno di 10 ore, una rivoluzione in 12 anni circa ($11^a\ 314^g\ 20^h\ 2^m\ 8^s$); durante una rivoluzione prende distanze diversissime dalla Terra, comprese fra 591 e 965 milioni di chilometri; il suo diametro equatoriale è 12 volte quello della Terra; dopo il Sole esso tiene nel Sistema solare il primo posto; è il più grande dei pianeti, ed è ben degno del nome potente che l'antichità gli diede.

Sulla superficie di Giove, e lunghesso il suo equatore, una striscia luminosa, come una fascia non interrotta, circonda il corpo del pianeta. Ai lati di essa, altre striscie meno lucenti, pure parallele all'equatore fasciano il pianeta; più oltre verso nord e verso sud, su ciascuno degli emisferi, ed anche fin verso i poli, altre e molte striscie appaiono, tutte però più strette e pallide delle equatoriali, tutte limitate ad un breve tratto di superficie, talune anzi bruscamente rotte e terminate.

La fascia equatoriale, pur variando nei dettagli, conserva talora per qualche tempo lo stesso aspetto generale (tav. XVIII, 2 e 28 febbraio 1872); da epoca ad epoca cambia intieramente e colore e struttura (tav. XVIII, anni 1870-72-73); a lunghi intervalli riprende gli stessi colori ed aspetti analoghi (tav. XVIII, febbraio 1872, settembre 1880-81). Le fascie minori mutano continuamente e forma, e colore, e splendore. Eccezionalmente appaiono su Giove macchie singolari, con caratteri diversi da tutto ciò che le circonda. Scompaiono, si trasformano profondamente le striscie e le fascie a loro dintorno, ed esse perdurano immutabili, partecipando solo al moto generale di rotazione del pianeta. Tale fu la macchia ovale, intensamente rossa, che apparve a fianco della fascia equatoriale nel 1879, che perdurò parecchi anni, e che a poco a poco impallidì fino a scomparire nel 1883 (tav. XVIII, 16 settembre 1880, 14 settembre 1881). Queste macchie temporariamente permanenti escluse, le variazioni sono incessanti sul disco di Giove; movimenti e mutazioni di luogo, variazioni di forma, di colore, di splendore.

Probabilmente Giove è in tutto od in massima parte ancor fluido; la sua massa fluida e di grande densità è, come quella del Sole, in preda a sconvolgimenti continui, e Giove, quanto allo stato e modo di essere della sua materia, è profondamente diverso dalla Terra, da Marte, da Venere, da Mercurio. Le righe numerose dello spettro di Giove coincidono in gran parte con quelle del Sole; una sola riga oscura nella parte rossa dello spettro è in esso speciale e caratteristica. Giove splende quindi per luce solare riflessa, e la massa gasosa, ond'esso in tutto o in massima parte risulta, esercita sui raggi del Sole un'efficace azione assorbente.

13. Giove ha quattro satelliti, quattro lune che si aggirano intorno ad esso come a loro centro di gravitazione, e che segnano la prima scoperta astronomica fatta con cannocchiali. Fu Galileo che primo li vide, che primo ne seguì il corso (1610), che primo insegnò all'Europa maravigliata il grande vantaggio che poteva trarsene per la navigazione. Furono trovati contemporaneamente, ed appaiono in cielo splendenti come stelle di sesta grandezza; nelle nostre latitudini non si possono vedere ad occhio nudo, ma un piccolo cannocchiale basta a mostrarli; non furono loro dati nomi speciali, e si distinguono l'uno dall'altro cogli appellativi affatto aritmetici di primo, secondo, terzo, e quarto; il seguente quadro numerico dà per ciascuno di essi la distanza dal centro di Giove espressa in raggi equatoriali di questo, la durata della rivoluzione intorno a Giove espressa in giorni, ore, minuti e secondi, il diametro espresso in chilometri.

| Satellite | Distanza Iovicentrica | Durata della rivoluzione | Diametro |
|---|---|---|---|
| | r | g h m s | km |
| I . . . . . . | 5,94 | 1 18 27 33 | 3814 |
| II . . . . . . | 9,46 | 3 13 13 42 | 3413 |
| III . . . . . . | 15,03 | 7 3 42 33 | 5580 |
| IV . . . . . . | 26,54 | 16 16 32 11 | 4771 |

I quattro satelliti di Giove hanno tutti un diametro maggiore di quello della Luna; si muovono in orbite pochissimo inclinate rispetto all'equatore del proprio pianeta, e appaiono per conseguenza quasi sempre sopra una stessa linea retta e sul prolungamento della gran fascia equatoriale di Giove; si muovono in orbite pochissimo inclinate sull'orbita di Giove, e, ogniqualvolta vengono a passare sul pro-

lungamento della linea che unisce i centri del Sole e di Giove, cadono nel cono d'ombra proiettato da questo, restano per qualche tempo privi della luce che ad essi invia il Sole e si eclissano; ogni qualvolta vengono a porsi fra il Sole e Giove sulla linea che ne unisce i centri, intercettano essi stessi i raggi solari ed eclissano il Sole ad una plaga determinata del loro pianeta.

Ogni rivoluzione di satellite, qualche eccezione fatta pel quarto, apporta quindi a Giove un'eclissi solare ed una lunare, eclissi in massima parte totali. Delle eclissi solari prodotte su Giove dai satelliti suoi, noi ci accorgiamo in quanto vediamo le ombre proiettate da questi passare sul disco del pianeta; le ombre dei tre primi satelliti sono dischetti distinti, intensamente neri, che saltano tosto all'occhio; l'ombra del quarto è meno oscura, quasi diffusa e riesce difficile ad osservarsi (tav. XVIII). Questo color nero delle ombre proiettate dai satelliti prova ancora una volta che su Giove, là dove non arriva raggio di Sole, noi non vediamo luce alcuna, che Giove non ha luce propria e brilla solo per luce solare riflessa.

14. Al di là di Giove, e, fin verso la fine del secolo scorso, ai confini del Sistema solare si muove Saturno, il gran padre antico della Mitologia. La sua luce è tranquilla e bianca, il suo splendore è pari a quello delle stelle di prima grandezza, ma non raggiunge mai nè quello di Giove, nè quello di Venere; pegli astrologi fu l'astro della melanconia e della sventura.

Saturno ha forma ovale, e ruota rapidissimamente intorno a sè, compiendo in circa 10 ore ($10^h\ 29^m\ 17^s$) una rotazione; si rivolge attorno al Sole in una ellissi poco eccentrica, e a compiere una rivoluzione impiega più che 29 anni ($29^a\ 166^g\ 5^h,3$); ora più ora meno si allontana dalla Terra e prende da essa tutte le distanze comprese fra 1196 e 1654 milioni di chilometri; il suo diametro apparente oscilla fra i 21 e i 15 secondi d'arco; il suo diametro reale è 10 volte circa quello della Terra; fra i pianeti la grandezza sua è superata appena da quella di Giove.

La superficie di Saturno presenta fascie analoghe a quelle di Giove, di queste anzi più larghe (tavola XIX), sebbene più difficili ad essere osservate, e pel loro pallore meno risaltanti sul fondo del pianeta. Lo spettro luminoso di Saturno coincide perfettamente con quello di Giove, e questa corrispondenza delle apparenze superficiali e degli spettri porta a pensare che Saturno pure ha un'atmosfera assai densa, e che la sua massa è forse dessa pure in tutto od in massima parte allo stato di fluidità.

15. In giro a Saturno si libra un anello concentrico al pianeta, situato quasi nel prolungamento del piano dell'equatore di questo, largo e sottile, ossia esteso nel verso della retta che, a partire dal centro del pianeta, nel piano dell'equatore e dell'anello, va verso la periferia di questo, assai esile nel verso perpendicolare a questa retta (tav. XIX).

A partire dal centro del pianeta, su una retta che passi per esso e che sia contenuta nel piano dell'anello, si contano 59540 chilometri per arrivare alla superficie di Saturno; se ne contano 31760 per andare da questa al contorno interno dell'anello, 47820 per arrivare dal contorno interno dell'anello al suo contorno esterno.

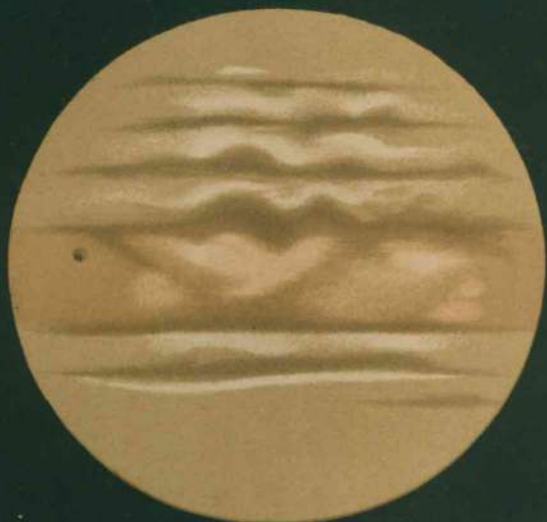
Questo grande anello luminoso risulta di due anelli concentrici (tav. XIX), l'uno interno (anello *B*) largo 28360 chilometri, l'altro esterno (anello *A*) largo 16230 chilometri, separati da una zona oscura (divisione di Cassini) larga essa stessa 3230 chilometri, e che appare (tav. XIX) come un anello sottile, oscuro, frapposto ai due anelli luminosi *A* e *B*.

L'anello esterno *A* è esso stesso diviso da una zona pallida, di debole luce (divisione di Encke) in due altri concentrici e di ineguale larghezza (tavola XIX), e, secondo alcuni, altre tre zone oscure e concentriche lo interrompono nel verso della sua larghezza.

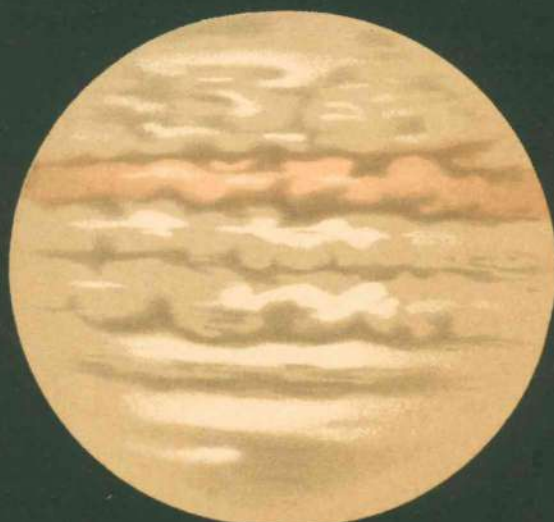
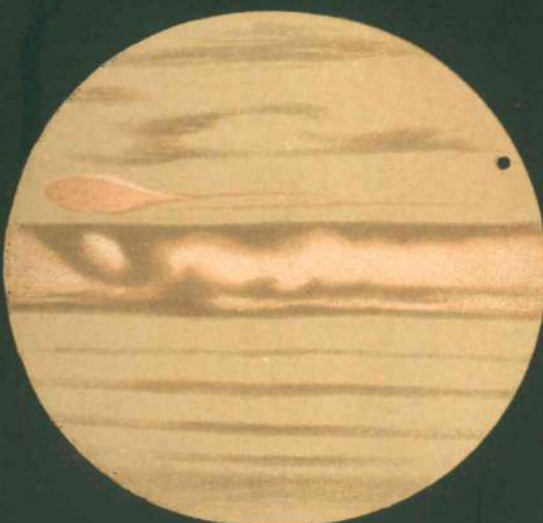
Fra l'anello *B* e la superficie del pianeta, ad una distanza da questa di 15600 chilometri, esiste un altro anello largo 14075 chilometri, concentrico a quelli finora descritti, chiuso da questi, ma interamente oscuro, e visibile per l'ombra che esso proietta sul corpo del pianeta diversa assai da quella proiettata dagli anelli luminosi.

L'anello di Saturno non giace nel piano dell'eclittica nel quale trovasi sempre la Terra; esso è inclinato rispetto a questo piano, e per una parte si innalza, per l'altra si abbassa sott'esso. Muovendosi la Terra e muovendosi Saturno noi vediamo l'anello, che nelle diverse posizioni dello spazio si mantiene sempre parallelo a sè stesso, ora secondo il suo fianco sottile, ora obliquamente secondo la sua maggior dimensione. Nel primo caso ci appare come una striscia esile che attraversa il pianeta e che prolungasi dalle due parti di esso (tav. XIX fig. di mezzo), nel secondo così come lo mostrano le figure in alto e in basso della tavola XIX.

Il mirabile insieme degli anelli di Saturno vedesi soltanto con forti cannocchiali. In esso più volte furono osservate mutazioni notevoli, apparenze nuove, non vedute prima, non rivedute poi. Questa mutabilità è in accordo colle teorie meglio accettate intorno alla costituzione sua. Secondo le medesime, gli anelli di Saturno non possono essere solidi e continui, e, questo ritenuto per fermo e dimostrato, pensano alcuni che essi sieno semplici aggregati di materia discontinua, quasi sciami di corpuscoli staccati che si aggirano attorno al pianeta, pensano altri che essi sieno invece masse fluide vischiose, l'oscuro eccettuato che potrebbe anche essere gaseiforme.

16. Al di là dell'anello gravitano ancora attorno a Saturno, come a centro, otto satelliti, dei quali uno fu scoperto già nel 1665, quattro lo furono fra il 1671 ed il 1684, due nel 1789, uno nel 1848. Splendono debolmente; ad essere visti, richiedono cannocchiali di qualche forza, anzi alcuni sono oggetti difficili anche pei cannocchiali più forti. Il quadro

Atlante Astronomico.

Giove.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

numerico seguente dà per ciascuno di questi satelliti il nome, la distanza dal centro di Saturno espressa in raggi equatoriali di questo, la durata della rivoluzione intorno a Saturno espressa in giorni, ore, minuti e secondi, il diametro espresso in chilometri.

| Satellite | Distanza Saturnicentrica | Durata della rivoluzione | Diametro |
|---|---|---|---|
| | r | g h m s | km |
| 1. Mimas . . . . . | 3,02 | 0 22 37 6 | 513 |
| 2. Encelado . . . . | 3,88 | 1 8 53 7 | 635 |
| 3. Teti . . . . . . . | 4,80 | 1 21 18 25 | 989 |
| 4. Dione . . . . . . | 6,16 | 2 17 41 9 | 941 |
| 5. Rhea . . . . . . | 8,60 | 4 12 25 12 | 1295 |
| 6. Titano . . . . . | 19,96 | 15 22 41 24 | 2443 |
| 7. Iperione . . . . | 38,26 | 21 6 38 30 | 330 |
| 8. Japeto . . . . . | 58,04 | 79 7 56 40 | 843 |

17. Nel 1781 Guglielmo Herschel segnalò una stella di sesta grandezza, dotata di lentissimo moto proprio apparente, e che qual fissa era già stata da altri osservata nel 1690 e nel 1756. Ben presto gli astronomi s'avvidero che l'astro segnalato, e per le apparenze sue, e per le circostanze del suo moto non poteva essere altro che un nuovo pianeta del Sistema solare, e lo chiamarono Urano. Si aggira attorno al Sole in una vasta ellissi, poco eccentrica e di cui il semiasse maggiore è più che doppio di quello che appartiene all'orbita di Saturno; dalla Terra appare come un dischetto pallido, il cui diametro misura appena 3,9 secondi d'arco; il contorno di questo disco, considerato attentamente, risulta ovale, e questa sua forma e alcune sue macchie recentemente osservate permettono di indurre con fondamento, che Urano esso pure ruota rapidissimamente intorno a sè medesimo. Nello spettroscopio Urano produce uno spettro debolissimamente luminoso, e difficile da osservare; ciò malgrado si notano in esso le righe proprie dello spettro solare ed altre righe oscure ad esso speciali, e questo prova che la luce di Urano è luce solare riflessa, e che attorno ad Urano esiste un'atmosfera capace di esercitare sui raggi del Sole un'efficace azione assorbente.

Attorno ad Urano si aggirano quattro satelliti, che sono fra gli oggetti del cielo più difficili ad essere veduti, ed ai quali si arriva solo con telescopi e cannocchiali fra i più potenti. Ariel, il più vicino al pianeta, si muove ad una distanza media da questo misurata da un angolo apparente di 13,8 secondi, e compie la sua rivoluzione attorno ad Urano in due giorni e mezzo circa ($2^g\ 12^h\ 29^m\ 21^s$); Umbriel, Titania, Oberon si muovono a distanze apparenti dal pianeta in media uguali rispettivamente a 19,20 a 31,48 a 42,10 secondi d'arco, e compiono le loro rispettive rivoluzioni in quattro (4,1442), in otto (8,7059), in tredici (13,4633) giorni. Tutti e quattro questi satelliti hanno orbite di una eccentricità insensibile alle nostre osservazioni; tutti, almeno per quanto i fatti osservati possono dimostrare, si muovono in uno stesso piano, e questo piano è quasi esattamente perpendicolare a quello dell'orbita di Urano.

18. La scoperta di Nettuno è un trionfo dell'astronomia matematica, ed è insieme una prova stringente del Sistema Copernicano. Studiando il moto di Urano attorno al Sole, si trovò che di esso non si poteva dare abbastanza ragione supponendo che avvenisse sotto l'azione sola del Sole e degli altri pianeti noti. A darne completamente ragione era necessario ammettere nello spazio una nuova massa attraente, od in altre parole un nuovo pianeta al di là di Urano. Del nuovo pianeta si calcolò la posizione in cielo, e a un grado di distanza dal luogo precalcolato esso fu appunto scoperto nel 1846; lo si chiamò Nettuno.

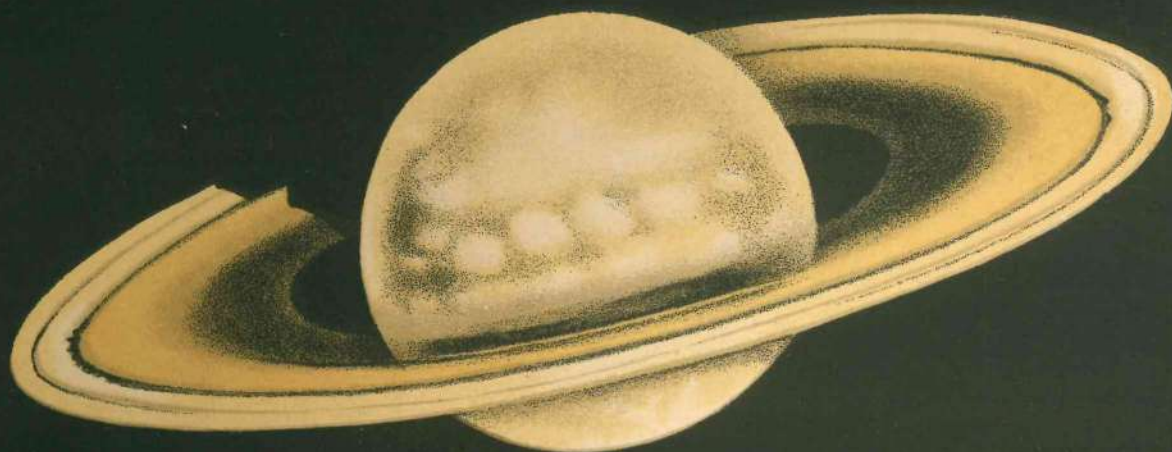
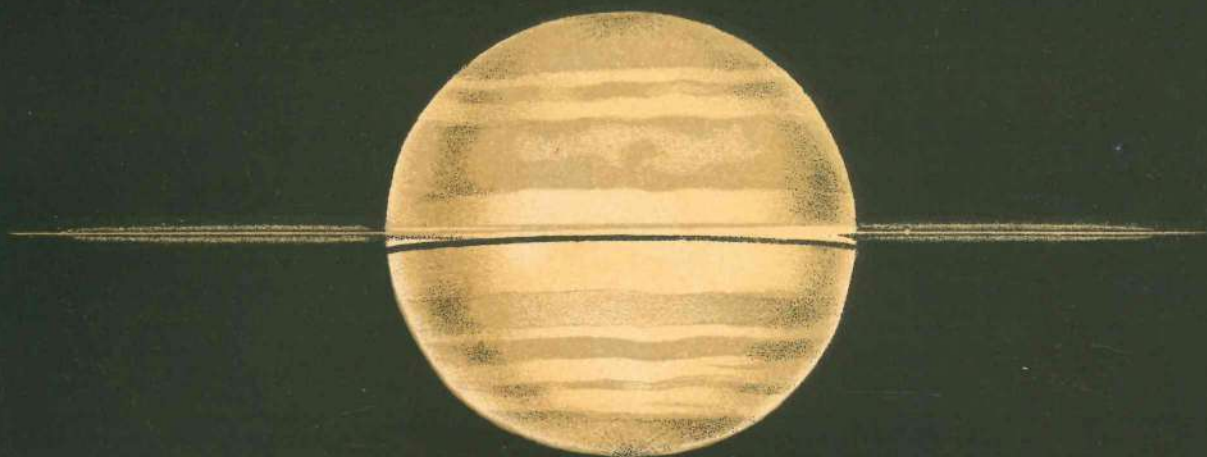
Nettuno segna ora il confine noto del Sistema planetario e compie intorno al Sole, a grande distanza da esso, una rivoluzione in circa 165 anni ($164^a\ 285^g\ 15^h\ 0^m\ 43^s$). Appare in cielo come un disco pallido, uniformemente luminoso e terminato da un contorno ben definito; ha un diametro apparente variamente determinato dai diversi osservatori, ed in media uguale a 2,7 secondi d'arco; finora non potè nel contorno del disco del pianeta essere constatata forma ovale sensibilmente diversa dalla circolare, nè sulla superficie sua furono viste o striscie diversamente luminose, o macchie.

Attorno a Nettuno finora fu scoperto un solo satellite, e lo fu nel 1847. Esso muovesi intorno al pianeta ad una distanza media apparente di 16,3 secondi d'arco, compie la sua rivoluzione in circa 6 giorni ($5^g\ 21^h\ 5^m\ 51^s$), è più facilmente osservabile che non i satelliti di Urano, e pare questi superi d'assai in grandezza.

Lo spettro luminoso di Nettuno è di difficilissima osservazione, e pare lo si possa ritenere analogo a quello di Urano, ciò che accennerebbe ad analoghe condizioni fisiche dei due pianeti.

19. Nel Sistema planetario il Sole soltanto irradia luce propria, tutti i pianeti sono tenebrosi, e tutti, la Terra non esclusa, splendono nello spazio per luce solare riflessa. Mercurio, Venere, Marte e Terra si rassomigliano qual più, qual meno; sono in massima parte costituiti da un nucleo solido e tutti hanno un'atmosfera; sono poveri di satelliti: Mercurio e Venere ne mancano, se pure le osservazioni non riusciranno in avvenire a scoprirne qualcuno, Marte ne ha due piccolissimi, la Terra uno; hanno diametri relativamente piccoli, e piccole masse. Giove, Saturno, Urano, Nettuno son dissimili dagli altri pianeti più prossimi al Sole (pianeti inferiori), ma hanno fra loro essi pure analogia di caratteri; hanno diametri grandi, masse potenti; sono in tutto o in massima parte formati da materiali allo stato fluido, e, benchè in condizioni fisiche diversissime da quelle dei pianeti inferiori, i materiali loro non sono da quelli di questi ultimi essenzialmente diversi; sono ricchi di satelliti, Giove contandone quattro, Saturno otto, Urano quattro.

Molto su questi pianeti diversi, su questi corpi

che senza figura rettorica e con certezza assoluta possiamo oramai chiamare altrettante terre del cielo, la scienza è riuscita a scoprire, ma non poco rimane tuttora a fare intorno ad essi. Gli ultimi dettagli loro, ai quali noi possiamo arrivare anche col più forte cannocchiale conosciuto, sono ancora troppo grandi, perchè noi ci possiamo vantare di avere dei diversi pianeti una cognizione piena. Venere e Marte sono, sotto questo punto di vista, i pianeti che dalla Terra si possono meglio studiare, eppur l'ultimo dettaglio visibile su Venere ha ancora una dimensione di 31 chilometri, l'ultimo visibile su Marte ne ha una di 49. Perchè sia possibile vedere un oggetto ed assegnarne insieme la forma, bisogna che esso misuri in ogni direzione sù Venere 62 chilometri, su Marte 98. Su Mercurio, su Giove, su Saturno gli ultimi dettagli ancora visibili hanno rispettivamente dimensioni di 68, di 492, di 997 chilometri, e dimensioni circa doppie di queste hanno in ogni verso gli oggetti dei quali si può assegnare la forma, e queste dimensioni vanno notevolmente accresciute, se, invece che il più forte cannocchiale (97 centimetri d'apertura), si considerano cannocchiali ordinarii. È bene avere in mente i numeri appena scritti, se si vuole con giusta misura giudicare la portata delle cognizioni nostre sulle apparenze superficiali dei diversi pianeti.

31 Dicembre 1874.

3 Novembre 1848.

Atlante Astronomico.

Agosto e Settembre 1872.
Saturno.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

# IV. — LE COMETE.



1. Il giorno 2 giugno del 1858 fu trovata in cielo una cometa, che rimase visibile dagli orizzonti terrestri fino al primo marzo del 1859 (Cometa Donati). Durante la sua lunga apparizione prese aspetti diversi. Dapprincipio fu bianca, tonda, piccola, a contorno irregolare, telescopica ossia visibile solo ad occhi armati di cannocchiale. Verso la fine dell'agosto divenne visibile ad occhio nudo, e la forma sua fu quella di un disco circolare risultante di due parti ben distinte, l'una centrale, lucentissima (nucleo), l'altra (chioma) tenue, diffusa, pallida, svolgentesi come aureola attorno alla prima. Nei primi giorni di settembre, la chioma cessò d'essere simmetrica attorno al nucleo, prese ad estendersi nella direzione opposta al Sole, e a formare lungh'essa una striscia nebbiosa, diffusa, tenue (coda) il cui splendore, sempre più debole a distanze crescenti dal nucleo, finiva per perdersi nella luce generale del cielo.

La Cometa Donati (tav. XX) parve allora completa, formata di nucleo, chioma e coda. A poco a poco la coda si spinse a distanze sempre maggiori dal nucleo e diventando lunga s'incurvò; crebbe fino a misurare il giorno 5 di ottobre (tav. XX) 35 gradi, fino a misurarne 60, la terza parte del grand'arco celeste che posa sull'orizzonte, il giorno 10; in un sol giorno la lunghezza sua salì da 35 a 50 gradi, in meno di tre, dal 12 al 15 di ottobre, discese da 45 a 15; diminuì in seguito a gradi a gradi fino a sparire fra il 3 ed il 6 di dicembre, ed allora la Cometa ridivenne telescopica.

Nel 1861, in sul principiare di giugno, a Sydney, a Santjago, a Rio de Janeiro, a Williamstown fu veduta una splendida Cometa, la cui coda misurava 30 gradi il giorno 7, 40 il giorno 11. Si muoveva rapidissimamente attraverso le stelle del cielo, e il giorno 30 di giugno, scomparsa agli osservatori dell'emisfero australe, sorse improvvisa sopra gli orizzonti di Europa, e si mostrò in tutto il suo splendore straordinario la sera, tosto tramontato il Sole. Quel giorno ad Atene (tav. XXI) il capo suo apparve grande come la Luna; la sua coda prese 120 gradi, due terzi dell'arco di circolo massimo del cielo apparente; tanta fu la sua luce, che produsse ombra.

Nel 1880 il giorno 2 di febbraio apparve improvvisa in cielo, cessato il crepuscolo, una grande Cometa. Il suo capo toccava l'orizzonte ad occidente, la sua coda si ergeva diritta da esso e si proiettava sul fondo del cielo come un immenso arco di luce. Prendeva 40 gradi del cielo, ed era, in tutta la sua lunghezza, larga tre volte circa il diametro lunare apparente; aveva una luce uniforme, non viva, in tutta la sua estensione. Poco mutò nei giorni seguenti; il 14 la coda sua era ancor lunga 37 gradi, la chioma appariva come una massa bianca ed informe; il 19 tutto era mutato; e chioma e coda appena si potevano discernere, da un occhio esercitato ed armato di cannocchiale, sotto forma di una pallida macchia bianca.

Di queste grandi comete molte ne potrei enumerare, e il nostro secolo, oltre alle descritte, vide quelle del 1807, del 1811, del 1835, del 1843, del 1862, del 1874, del 1881, del 1882. Non tutte le comete però raggiungono sì grande splendore. Molte, la più gran parte anzi, sono invisibili ad occhio nudo e telescopiche; ma splendenti furono tutte quelle registrate dalle cronache, e vedute a cominciare dall'antichità fino all'invenzione dei cannocchiali (secolo decimosettimo). Splendenti furono le comete degli anni 480, 431, 410, 373, 348, 118, 86, 44 avanti Cristo; splendenti furono quelle degli anni 69, 400, 875, 1402, 1456, 1472, 1577, 1585, 1607, 1618, 1619 dell'Era volgare.

Sono tutte comete che colla loro massa apparente hanno occupato grandi tratti di cielo, che col loro

splendore hanno per un momento offuscato tutti gli astri. Tutte mostrarono apparenze speciali, pur tutte avendo una fisonomia stessa, quasi di famiglia; le une bianche come d'argento, le altre rosseggianti, sanguigne; le une diritte come una lama di stilo, le altre curve come una scimitarra; le une sottili e lunghe, le altre corte e larghe; le une di larghezza uniforme, le altre aperte a mo' di ventaglio; tutte grandi però, tutte splendenti, fantastiche e trasformantisi con rapidità. Sono corpi fatti apposta per affascinare; niente vi era là dove repentemente esse vennero a mostrarsi; nulla rimane della loro massa apparentemente grande, nulla della loro luce potente; sono tutto un arcano. Qualcosa di transumano soltanto può svolgere in un istante tanta luce, tanto splendore, spegnere in pochi giorni un incendio sterminato.

2. Nucleo e chioma formano il capo delle comete. Nell'interno della massa bianca e pallida, onde questo capo risulta, splende in generale di luce viva, quasi di stella, un dischetto di diametro variabile e di difficile misura. È il nucleo, e i disegni nella parte inferiore delle tavole XX e XXI, e quelli della tavola XXII ne dànno esattamente l'idea. Non tutte le comete presentano un vero nucleo stellare, molte hanno verso il loro mezzo una semplice condensazione di luce, poche mancano anche di questa e si presentano come un informe ammasso vaporoso; altre, quasi per compenso, la Cometa Brorsen fra esse (tav. XXII), mostrano parecchi punti d'apparenza nucleare.

È poco probabile che i nuclei delle comete sieno masse solide e compatte, tanto grandi sono i cambiamenti, tanto repentine le trasformazioni osservate in essi. Non è ancora abbastanza dimostrato che essi sieno assolutamente fluidi e trasparenti; certo è solo che la loro densità è limitata, e che, attesa la loro dimensione sempre piccolissima rispetto a quella dell'insieme che forma le comete, limitata ne è pure la massa.

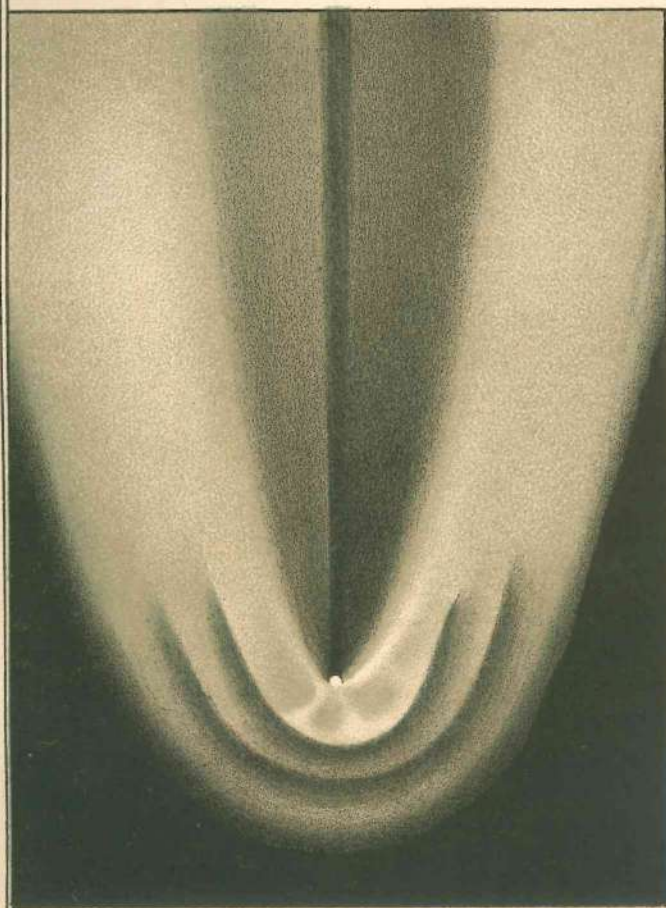
3. Attorno al nucleo si svolge la chioma, la quale costituisce la parte essenziale e caratteristica delle comete, quella da cui esse presero il nome. Si sono vedute comete senza traccia di nucleo; moltissime comete, la più gran parte delle telescopiche, passano senza mostrar coda, ma comete senza chioma non furono mai osservate. Le chiome hanno struttura irregolare e mutabile, nè mai appaiono uniformemente luminose, o mostrano nella massa loro quei rapporti di intensità di luce che potrebbero spiegarsi prospetticamente, e risultare da ciò che noi le vediamo, non quali sono nello spazio, ma proiettate sul fondo del cielo. Attraverso alle chiome di alcune comete si sono viste stelle non punto affievolite; la luce delle stelle, attraversandole, o non subisce deviazione (rifrazione) o ne subisce una minima. Sulla Terra non conosciamo gas tanto tenue che non abbia influenza sulla luce che lo attraversa; più tenui che il nostro più tenue gas sono probabilmente tutte le chiome delle comete.

4. I nuclei e le chiome passano talora, specialmente nelle grandi comete, per isconvolgimenti profondi, e quali appena si potrebbero immaginare. Nella Cometa di Halley, apparizione del 1835, fu vista effluire dal nucleo verso il Sole materia luminosa, disporsi a ventaglio intorno ad esso nucleo, e generare un immenso settore quasi di circolo, che prese in seguito ad oscillare come un pendolo. Il capo della Cometa Donati presentò, sovratutto in ottobre, uno spettacolo straordinario (tav. XX). Al suo nucleo, dalla parte del Sole, aderiva un inviluppo lucido, non uniformemente splendido, a forma di ventaglio ed a struttura irregolare; succedeva ad esso una fascia o zona oscura, ed a questa un secondo inviluppo luminoso e del primo meno splendente; una seconda fascia oscura abbracciava questo secondo inviluppo, e al di là di essa veniva un ultimo inviluppo nebbioso, tenue, diffuso, che si perdeva presto nel fondo oscuro del cielo. Il numero di questi inviluppi crebbe fino a quattro, e gli inviluppi successivi non si disposero sempre in modo identico e simmettrico rispetto al nucleo. Qualche cosa di analogo nelle sue linee generali, ma di interamente diverso nei dettagli presentarono tutte le grandi comete, quelle ad esempio del 1881 e del 1882, la Cometa 1861, II (tav. XXI), la 1862, II (tav. XXII), così l'una e l'altra indicate per ciò che, quando in un anno si osservano più comete, le si distinguono aggiungendo alla data dell'anno i numeri romani I, II e via.

Non sarebbe possibile ridurre a sistema i fenomeni presentati dai nuclei e dalle chiome cometarie; in una stessa cometa gli uni e le altre passano per le più strane trasformazioni, ed in alcuni momenti la loro massa, tutta sossopra, prende un aspetto caotico; da una ad un'altra cometa gli uni e le altre variano indefinitamente.

5. Le code delle comete si distaccano dalle chiome, e si spingono addentro allo spazio nella direzione della retta, che congiunge il Sole alla cometa (raggio vettore), dalla parte al Sole opposta. Questo corrispondersi delle code delle comete e del prolungamento del loro raggio vettore non va preso in senso letterale, ma interpretato largamente, come qualche cosa che dà un'idea della posizione generale delle code nello spazio. In alcune comete le code non poco deviano dal raggio vettore, ed in generale esse non si svolgono secondo linee rette, ma secondo curve più o meno sentite, e disposte in modo da rivolgere la loro concavità verso la regione dello spazio che la cometa, muovendosi, abbandona.

Talora più code furono osservate in una stessa cometa (tav. XX, XXI). Fra tutte maravigliosa apparve la Cometa del 1744, la quale mostrò sei code, ciascuna larga 4 gradi in media, e lunga fra i 30 ed i 45. Nel loro insieme queste code prendevano sul contorno del capo della Cometa, opposto al Sole, un arco di circa 60 gradi; ad una ad una avevano contorni proprii e decisi, ed erano dalle contigue se-

Cometa 1858 VI (Donati) nel momento del suo massimo splendore (5 Ottobre).

Atlante Astronomico. ULRICO HOEPLI, Editore in MILANO.

Capo della Cometa Donati visto con un forte cannocchiale nei giorni 2 e 10 Ottobre 1858.

parate per mezzo di spazii perfettamente oscuri. Pareva che una coda enorme, larghissima alla base, si staccasse dalla chioma, e quindi, tagliata in 6 rami principali, si spingesse divergendo nello spazio.

La Cometa del 1823 (tav. XXII) verso la fine del gennaio del 1824 mostrò due code, inclinate fra loro ad un angolo di 160 gradi, e quindi così disposte, che mentre l'una, normale, era opposta al Sole, l'altra, secondaria, ver esso era rivolta. Nella Cometa 1862, II (tav. XXII) i due rami della coda parevano attorcigliarsi, intrecciarsi l'un l'altro; nella Cometa 1874, III (tav. XXII) la coda lunga e diritta si allargava verso il mezzo della sua lunghezza per un certo tratto, e assumeva l'aspetto di un grande fuso. Sarebbe opera vana descrivere ad una ad una le code vedute, tale delle forme loro è la varietà, e tanto da esse potrebbe ne' suoi dettagli differire la coda della prima cometa avvenire.

Le code verso l'estremo lontano dal nucleo generalmente si allargano; quelle sottili, strette e non divergenti sono rare. La loro massa appare talora in preda a commovimenti strani, e soggetta a variazioni rapide. Le loro dimensioni apparenti sono diversissime da una ad un'altra cometa; nell'una tozze e larghe e corte, nell'altra lunghissime ed estese a gran parte del cielo, a 60 gradi di questo come nella Cometa del 1456, a più che 100 come nella Cometa del 1618. In una stessa cometa la lunghezza della coda passa per valori molto diversi; in qualche giorno da pochi gradi sale ad occupare una parte sensibile del cielo, e questa lunghezza apparente, quando vien tradotta, tenendo conto della distanza della cometa dalla Terra, nella lunghezza reale, supera non di rado la potenza della nostra fantasia, supera, come nella Cometa del 1664, i cento milioni di chilometri. Lunghesso l'asse longitudinale delle grandi code si ha sempre minor splendore, anzi talora una riga perfettamente oscura (tav. XX); le code appaiono longitudinalmente divise, formate da due rami diversamente luminosi, aventi amendue uno splendore decrescente dall'esterno all'interno, quasi fossero grandi coni, cavi, vaporosi, trasparenti e dotati di una debole luce propria.

6. Le comete vanno pel cielo senza direzione apparentemente determinata; alcune si muovono da mezzogiorno verso settentrione, altre da nord verso sud; alcune vanno da oriente ad occidente, altre in una direzione affatto opposta; moltissime prendono direzioni intermedie a queste principali. Non si muovono in modo uniforme e costante; a tratti accelerano, a tratti ritardano il loro movimento. Qualche volta cambiano anche bruscamente di direzione, e tale che tendeva verso oriente, si arresta, declina a mezzogiorno, riprende infine suo cammino verso occidente. Pare che esse errino a caso attraverso alle stelle del cielo, ma l'apparente confusione del loro andare è una conseguenza del loro movimento reale, combinato con quello contemporaneo della Terra, ossia dell'occhio dell'osservatore.

Le comete si muovono attorno al Sole così come i pianeti; le orbite loro sono come quelle dei pianeti ellittiche; il Sole è posto in un fuoco comune alle orbite degli uni e delle altre, e fra tutte queste orbite non v'è che differenza di eccentricità. Mentre i pianeti si muovono in orbite prossimamente circolari (tav. XIV-XV), pochissimo e solo mediocremente eccentriche, le comete si muovono in orbite fortemente ellittiche ed eccentriche, in orbite tali cioè, che il Sole occupa in esse una posizione dissimetrica, assai lontana dal punto centrale. Le orbite dei pianeti quali più quali meno si rassomigliano, e coi loro piani poco si discostano da quello dell'eclittica; i piani dell'orbite cometarie prendono tutte le posizioni possibili nello spazio, e nel proprio piano ogni orbita si dispone diversamente rispetto al Sole.

Le comete, per la massima parte, sono visibili solo in quel tratto della loro orbita, che è più prossimo al Sole; nei rimanenti tratti si allontanano tanto da questo che diventano invisibili; il breve tratto prossimo al Sole dell'orbita loro fortemente ellittica può, poche eccezioni fatte, essere scambiato con un tratto di parabola, avente ancora il Sole per fuoco. Le comete, appunto per la natura e varietà delle orbite loro, si avvicinano qualche volta molto al Sole. La Cometa 1882, I (Wells) passò il 10 di giugno a 9 milioni di chilometri dal Sole, $^1/_6$ circa della distanza media che dal Sole separa Mercurio; la grande Cometa del 1882 (Cometa 1882, II) passò il 17 settembre, giorno della sua minima distanza dal Sole, a poco più di un milione di chilometri da questo, non lo urtò, ma per un giorno affogò, uscendone incolume, nel profondo strato di luce che circonda il Sole. Le comete, sempre per la natura e varietà delle orbite loro, si avvicinano qualche volta molto alla Terra. La grande Cometa 1874, III (tav. XXII) passò nel luglio sì vicino alla Terra, che per poco questa non rimase dalla sua coda avvolta, e nulla vieta a pensare che altre comete possano avvicinarsi alla Terra assai di più, rasentarla, scontrarla anche.

7. Non tutte le comete hanno orbite tanto ellittiche da spingersi nel loro afelio a distanze indefinite dal Sole, molto al di là dell'orbita di Nettuno e dei confini noti del Sistema planetario. Non tutte le orbite cometarie rassomigliano a quella delle Comete del 1843 e del 1880 (tav. XIV-XV). Vi sono comete che si muovono entro orbite relativamente anguste e di dimensioni paragonabili a quelle dei pianeti. Esse, pur diventando, come le altre, visibili solo quando percorrono il tratto di loro orbita più vicino al Sole, ripassano per questo tratto a non lunghi intervalli di tempo, ridivenendo periodicamente visibili. Le si dicono appunto per ciò periodiche, ed in questo momento il numero loro sale alla dozzina.

La prima cometa che siasi riconosciuta periodica è quella celebre di Halley, la quale nelle sue apparizioni diventa visibile ad occhio nudo, e riappare a periodi di 75 anni circa. Di essa si hanno osservazioni attendibili per le apparizioni degli anni 1456,

1531, 1607, 1682, 1759, 1835, si aspetta il ritorno nel maggio del 1910 e nella tavola XIV-XV si riproduce l'orbita. La tavola stessa contiene le orbite di alcune fra le altre comete periodiche, della Cometa di Olbers con periodo di 72,6 anni, della Cometa 1866, I con periodo di anni 33,2, della Cometa D'Arrest con periodo di poco più che sei anni, della Cometa Winnecke con periodo di 5,5 anni, della Cometa Faye con periodo di 7 anni, della Cometa Biela con periodo di 6 anni e mezzo, della Cometa Encke con periodo di tre anni e un terzo. Anche la Cometa Brorsen (tav. XXII) appartiene alle comete di breve periodo, compiendo essa una rivoluzione in 2032 giorni, poco più di cinque anni e mezzo. La Cometa Encke, di cui l'aspetto telescopico nelle apparizioni del 1828 e del 1871 è dato dalla tav. XXII, fu già osservata in 24 delle sue apparizioni. La Cometa Biela fu vista nelle sue apparizioni del 1772, del 1806, del 1826, del 1832, e la sua massa telescopica non presentò mai fenomeni degni di menzione speciale. Durante la sua apparizione del 1845-46 improvvisamente si sdoppiò (tav. XXIII), pur non mostrando notevoli perturbazioni di moto; nel 1852 le due comete gemelle, frammenti della primitiva Cometa Biela, tornarono a riapparire, seguendo la strada preventivamente determinata dal calcolo, ma erano in quell'anno assai deboli e la reciproca distanza loro era aumentata d'assai (tav. XXIII); dopo il 1852 la Cometa Biela avrebbe dovuto riapparire cinque volte, ma ogni volta fu cercata invano, sicchè della sua sparizione non si può oramai più dubitare.

8. Le comete, per la natura delle orbite loro, sono a distanze dal Sole successivamente diverse; per un certo tempo gli si avvicinano, raggiungono una distanza minima (perielia), indi se ne allontanano. Le comete divengono visibili nel tratto della loro orbita attigua al perielio. Alcune cominciano ad apparire a qualche distanza dal perielio, e, oltrepassatolo, continuano a mostrarsi per qualche tempo; altre appaiono quando già sono al perielio vicinissime, e in generale si lasciano poi vedere per breve tempo.

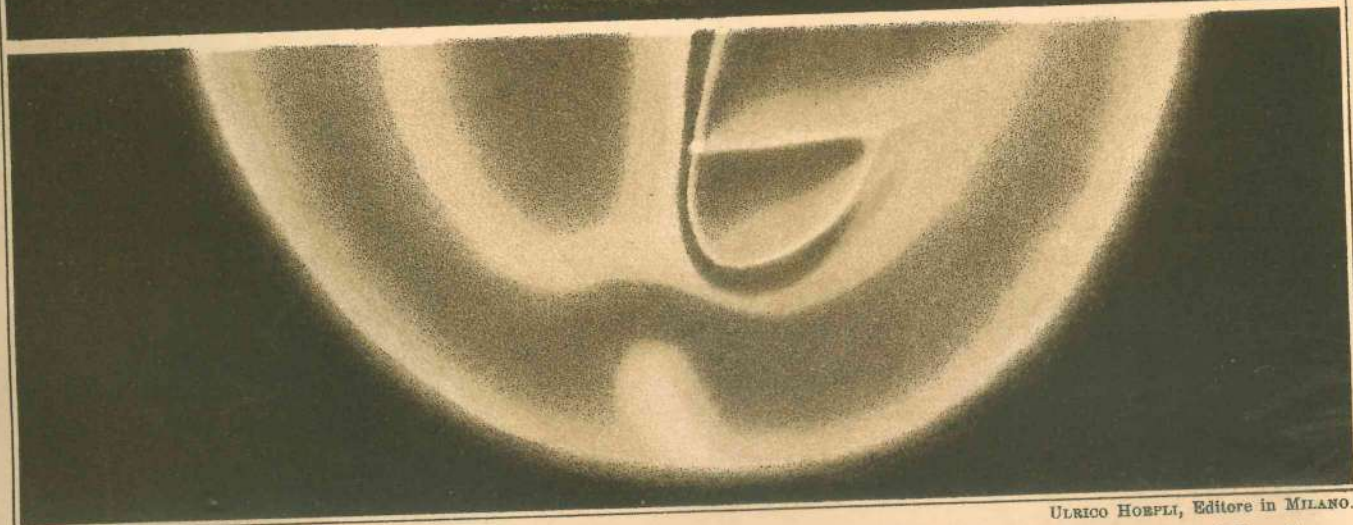
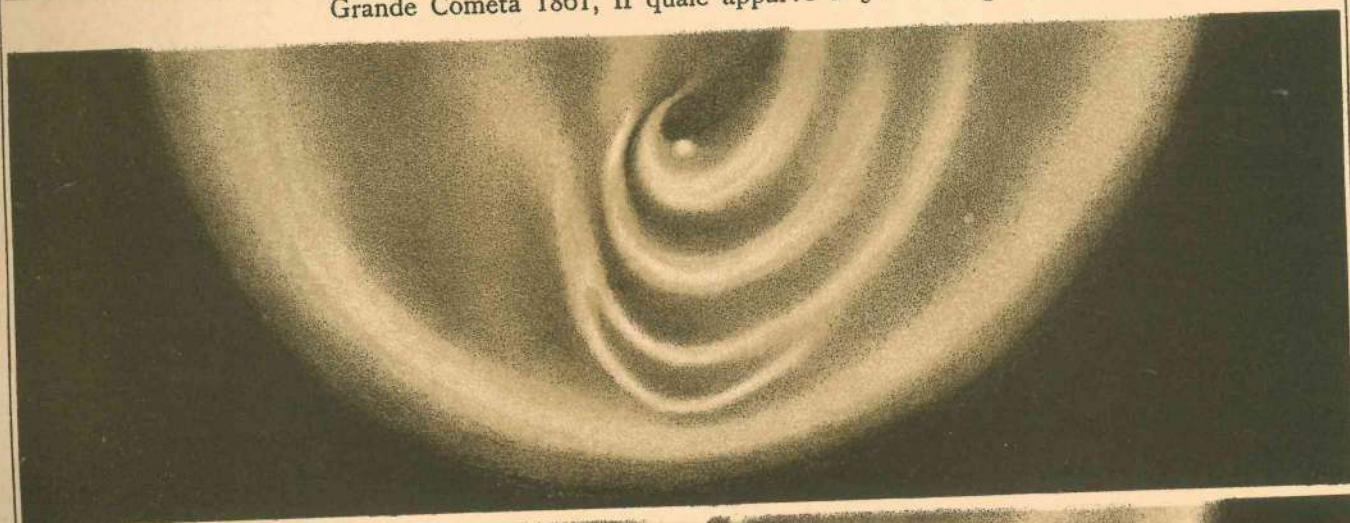
Tutte le comete indistintamente acquistano maggior splendore durante il passaggio al perielio, sicchè, conosciuti gli elementi determinanti l'orbita di una cometa, si possono preventivamente calcolare le fasi della sua intensità luminosa. Par quasi che questa in tutte le comete si esalti al loro avvicinarsi al Sole, le telescopiche divenendo assai più splendenti, le maggiori gettando fuori le loro code, ora a gradi a gradi, ora repentemente, mostrando nella loro massa sconvolgimenti grandiosi e stupefacenti.

9. Le comete splendono in parte per luce riflessa imprestata dal Sole, in parte per luce propria, che ha i caratteri della luce emessa dai gas o vapori incandescenti. La luce delle loro chiome, esaminata allo spettroscopio, si risolve infatti in un debole spettro continuo difficilissimo a vedersi, associato ad uno spettro marcato, discontinuo (tav. XXIII, fig. 1 e 2), costituito da tre bande o striscie luminose, una gialla, l'altra verde, la terza azzurra, separate da larghi intervalli apparentemente oscuri, spettro quest'ultimo che è appunto proprio di masse gassose portate allo stato di incandescenza, o di luminosità propria. Per gran tempo tutte le comete osservate diedero lo stesso spettro (spettro 1 e 2 della tav. XXIII), e, poichè questo spettro è identico a quello degli idrocarburi, se ne inferì che le comete tutte sono probabilmente formate dagli identici materiali, e che in esse poverissima è la varietà dei materiali stessi.

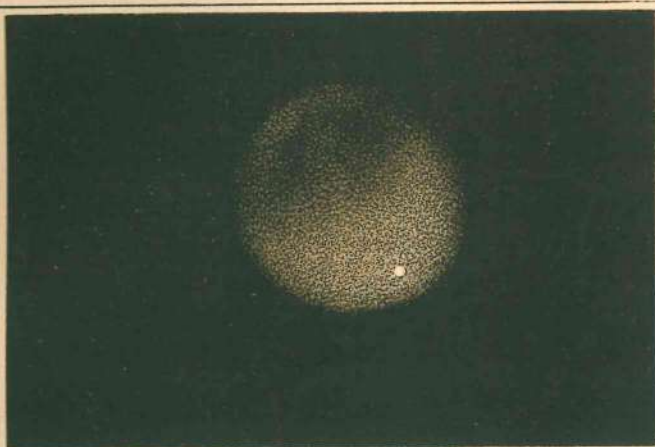
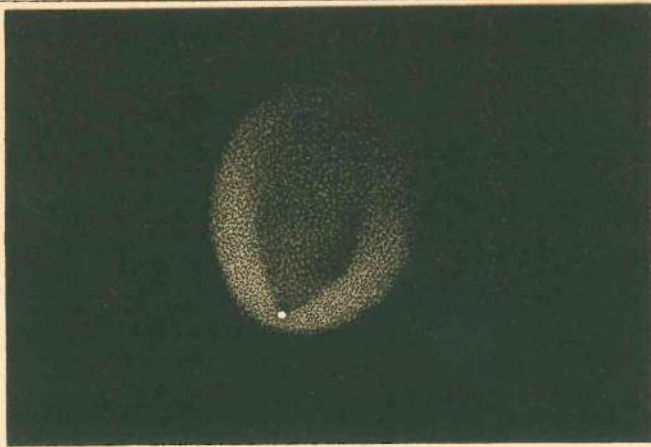
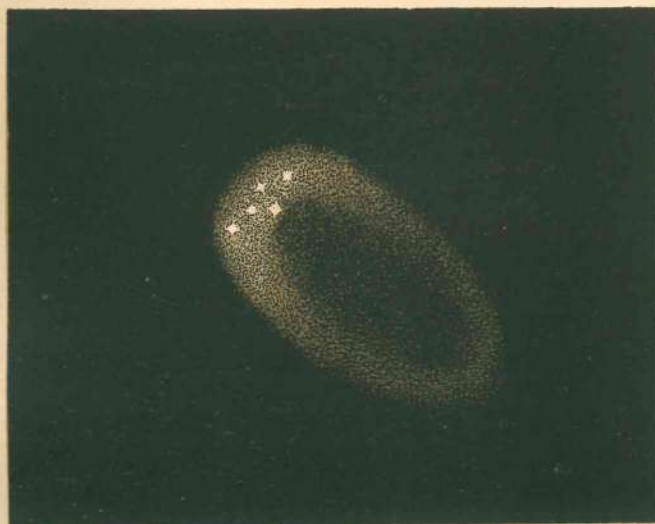
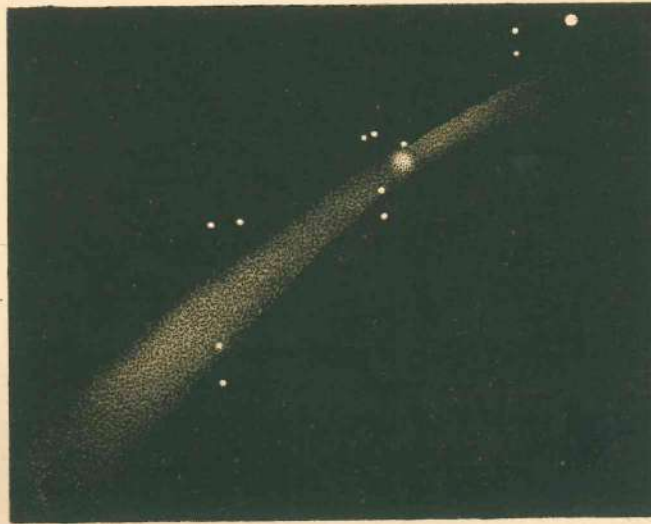
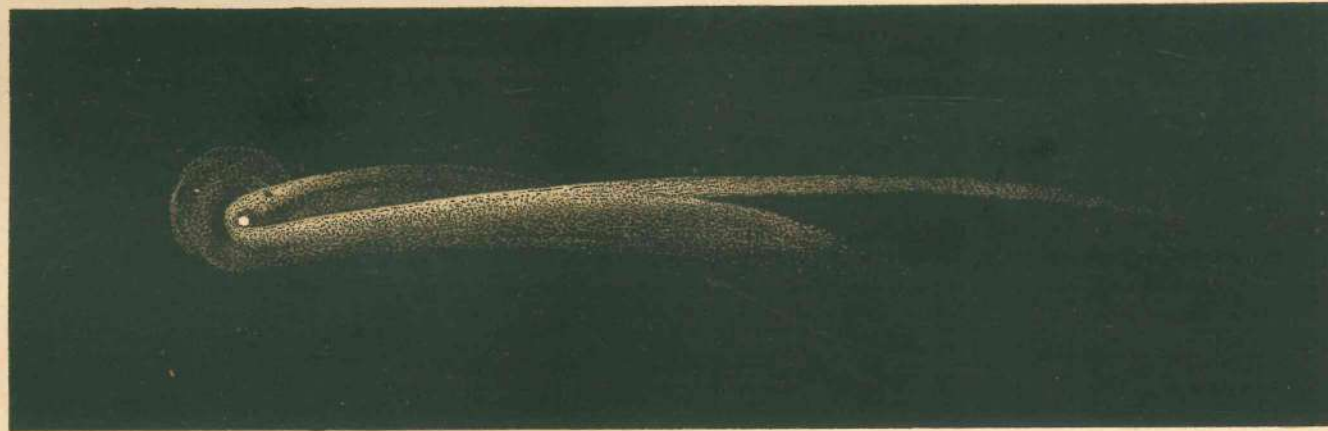
La Cometa 1881, I e la grande Cometa del 1882, che tanto, come si disse al paragrafo 6, si avvicinarono al Sole, vennero a modificare le idee universalmente accettate sugli spettri cometari. Nello spettro della prima, essendo essa vicinissima al perielio, comparvero distinte le righe lucide del sodio incandescente, le solite bande impallidirono fino a sparire, e al posto di esse si ebbe uno spettro continuo (tav. XXIII, fig. 3). Nello spettro della Cometa 1882, II, appena ebb'essa passato il perielio, comparvero distintissime molte righe lucide, fra le altre quelle del sodio ed alcune del ferro, ed insieme ad esse uno spettro continuo distinto (tav. XXIII fig. 4); allontanatasi la Cometa dal perielio, impallidirono e presto sparvero sì le righe lucide che lo spettro continuo, per dar luogo allo spettro ordinario delle comete. La complessità dei materiali, onde le comete risultano, ottenne per tal modo una dimostrazione inappellabile, e se lo spettro in generale non l'accusa, ciò avviene perchè raramente l'azione del Sole sovra i materiali stessi raggiunge il necessario grado di intensità.

10. Si può oramai affermare che le code delle comete sono formate di materia, la quale, sebbene tenuissima, obbedisce alle leggi ordinarie del movimento, e si può, non senza fondamento, ritenere ancora che esse sono prodotte da una ripulsione, probabilmente elettrica, esercitata dal Sole sulle particelle loro. Sovra questi principii si fonda una teoria delle code cometarie elaborata da Bredichin, ed appoggiata anche dalla complessità dei materiali delle comete, di cui si trattò nel paragrafo 9. Secondo questa teoria, le comete, avuto riguardo alla forza di ripulsione che sovr'esse esercita il Sole, si possono tutte ridurre a tre classi.

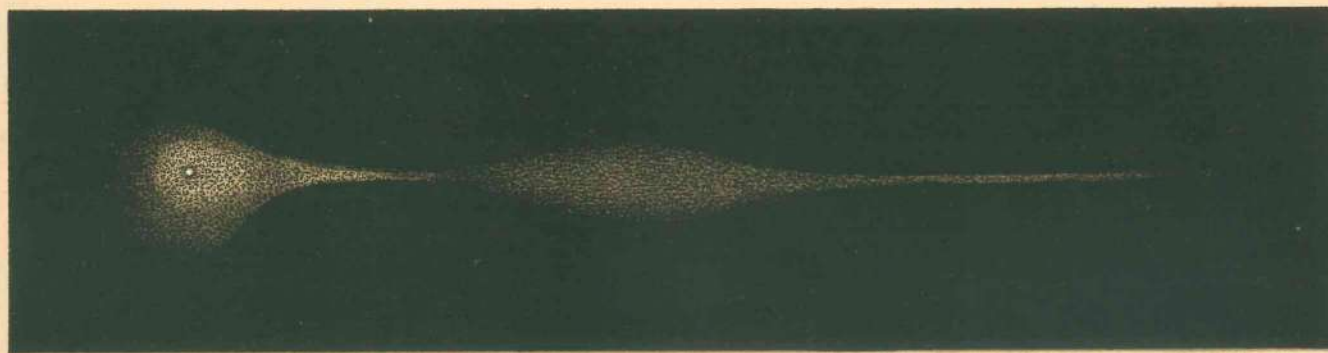
Nelle comete della prima classe la forza ripulsiva del Sole è 14 volte più grande della sua attrazione; le code di queste comete sono diritte e lunghissime. Nelle comete della seconda classe la forza ripulsiva del Sole è di poco superiore alla sua attrazione; caratteristiche di queste comete sono code corte, larghe, a ventaglio. Nelle comete della terza classe la forza ripulsiva del Sole assume valori che oscillano fra uno e tre decimi della sua forza d'attrazione; le code di queste comete sono getti brevi, fortemente incurvati, a contorni netti e decisi. Le code della prima classe risultano da idrogeno, quelle della seconda classe sono formate da idrocarburi, il

Grande Cometa 1861, II quale apparve il 30 di Giugno.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Capo della Cometa 1861, II quale sotto forti ingrandimenti apparve nei giorni 30 di Giugno e 2 di Luglio.

Cometa Encke nell' anno 1828.

Cometa Encke nel Dicembre 1871.

Cometa Brorsen nel Maggio 1868.

Cometa del 1823 verso la fine del Gennaio 1824.

Cometa 1862, II quale apparve il 27 di Agosto.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Cometa 1874, III (Coggia) verso la metá di Giugno.

ferro costituisce il materiale delle code appartenenti alla terza classe; in ciascuna delle classi l'idrogeno, gli idrocarburi, il ferro possono essere rispettivamente sostituiti da altri materiali di analogo peso atomico.

Non di rado alcune comete, le grandi sovratutto, presentano code complesse, formate di code caratteristiche di ciascuna delle classi enunciate. Sono comete formate di materiali diversi, sui quali il Sole esercita una diversa azione ripulsiva, sono comete a costituzione complessa, e che in sè radunano i materiali di tutte le altre.

11. Tutto quello che sappiamo delle comete porta a pensare che la materia nelle chiome e code loro è tenuissima; tutto quello che l'esperienza e il calcolo insegnarono sul moto delle comete e dei pianeti porta a dire che la massa delle comete è molto piccola.

La Cometa di Lexell attraversò due volte, nel 1767 e nel 1779, il Sistema di Giove e de' suoi satelliti, ed ogni volta impiegò quattro mesi circa ad uscire dalla sfera di attrazione del potente pianeta. Il suo movimento ne fu perturbatissimo, ma neppur traccia di una debole alterazione fu notata nel corso dei quattro satelliti di Giove. La Cometa stessa si avvicinò d'assai alla Terra, e nel luglio del 1770 la sua distanza da questa non fu che sei volte quella della Luna. Se la massa sua fosse stata uguale a quella della Terra, essa avrebbe allungato il nostro anno di 2 ore e 47 minuti; non produsse nel fatto variazione sensibile, e la massa della Cometa di Lexell non può essere stata neppure la cinque millesima parte di quella della Terra.

La Cometa di Halley ebbe dall'azione perturbatrice di Saturno ed Urano modificato di più che un anno il periodo della propria rivoluzione, ma la sua reazione sui pianeti stessi fu insensibile. Tutte le comete periodiche hanno le loro orbite perturbate dall'azione dei pianeti del Sistema solare, ma nessuna di esse reagisce in modo sensibile sul movimento di questi.

Delle comete osservate la maggior parte ha un perielio che cade nello spazio fra il Sole e la Terra, per pochissime il perielio cade fra Marte e Giove poco al di là di Marte, per nessuna al di là di Giove. Non c'è ragione di pensare che comete non debbano esistere con perielio negli spazii interplanetarii fra Giove e Nettuno; solo è logico ritenere che comete tali troppo distano dal Sole per diventar visibili dalla Terra. Le comete osservate sono oramai a centinaia, e il numero loro cresce ogni anno; durante l'intero secolo decimosettimo si hanno notizie di sole 27 comete viste; altrettante comete in media si osservano ora in meno di 4 anni. Un facile calcolo di probabilità, partendo dal numero delle comete note ed osservate e dalla relativamente angusta plaga di spazio da esse occupata, guida per induzione al numero delle comete verosimilmente esistenti, numero che sale, non è lecito dubitarne, a milioni.

I movimenti dei pianeti non dànno indizio della massa di sì numerose comete. Tutte le comete esistenti, le note e le ignote, non fanno insieme una massa perturbatrice, la cui azione basti a diventar sensibile ai mezzi di osservazione più perfezionati. La perturbazione prodotta da ogni singola cometa è insensibile affatto, la sua massa per conseguenza debole, tenuissima. Certo sarebbe esagerazione dire che le comete son un nulla che può diventar visibile, ma è rigoroso dire che, quanto a massa, una cometa è poco più che nulla.

12. Per qualche tempo si pensò che le comete sono piccole masse erranti fra stella e stella, e che esse allorchè pervengono nella parte dello spazio, dove l'attrazione del Sole è predominante, prendono a descrivere orbite speciali attorno al Sole, divenendo così a noi visibili. In questa ipotesi le comete sono corpi originariamente estranei al Sistema solare, attratti nell'interno di esso dalla massa potente del Sole.

Si ritiene ora dai più che le comete formano fra le stelle fisse e gli altri corpi estraplanetarii un sistema distinto, di cui tutti i membri accompagnano il Sole nel suo moto proprio attraverso gli spazii stellati (capitolo VI, paragrafo 13). In questa ipotesi le comete non sono corpi estranei al Sistema solare, ma accompagnano da ogni tempo il Sole e tutti i pianeti in quel movimento di traslazione attraverso agli spazii indefiniti del cielo, cui le osservazioni hanno con ogni rigore dimostrato, e allorquando, per essere esse più o meno veloci del Sole, raggiungono una maggior vicinanza a questo, prendono a descrivere, da esso attratte, orbite quasi paraboliche e in esse divengono a noi visibili.

13. La massa delle comete è nelle vicinanze del Sole in preda a grande agitazione, e i fenomeni in essa massa osservati, sovratutto il formarsi delle code, portano a pensare che una parte di essa sia ad ogni passaggio pel perielio, sottratta all'attrazione del nucleo. È difficile immaginare in qual modo le particelle lanciate, nella formazione delle code, a milioni di chilometri dal nucleo possano in seguito tornare ad aggrupparsi intorno al medesimo; pare piuttosto che esse vadano disperse nello spazio, e che per tal modo la massa delle comete soffra una diminuzione continua e progressiva. Le dimensioni dei nuclei diminuiscono difatti dopo il passaggio delle comete al perielio; la Cometa periodica di Halley apparve ad ogni ritorno sempre meno splendente, e seguita da code sempre minori; la Cometa periodica di Encke diventa di volta in volta più difficile ad osservare.

Non è quindi senza fondamento il pensare, seguendo l'associazione naturale delle idee, che le comete, dopo una lunga successione di rivoluzioni, debbano ridursi al nulla, e che questo debba avvenire di tutte le comete periodiche, e specialmente di quelle a breve periodo, è opinione oggi molto accetta. La Cometa periodica De-Vico disparve senza lasciare traccia di sè; di altre comete periodiche, il ritorno, precalcolato

con ogni precisione, fu invano atteso, e molto probabilmente la massa loro andò dispersa nello spazio. La Cometa Biela fu vista rompersi in due, e dopo qualche tempo cessò le apparizioni sue; altre comete furono vedute sdoppiarsi, rompersi anzi in più frammenti, la telescopica Cometa 1889, V fra le altre; di parecchie comete può dirsi che formarono altra volta un unico corpo, sì perfetta è l'analogia dei loro rapporti geometrici, e tutti questi fatti rendono probabilissimo quello della dispersione continua e progressiva della materia delle comete.

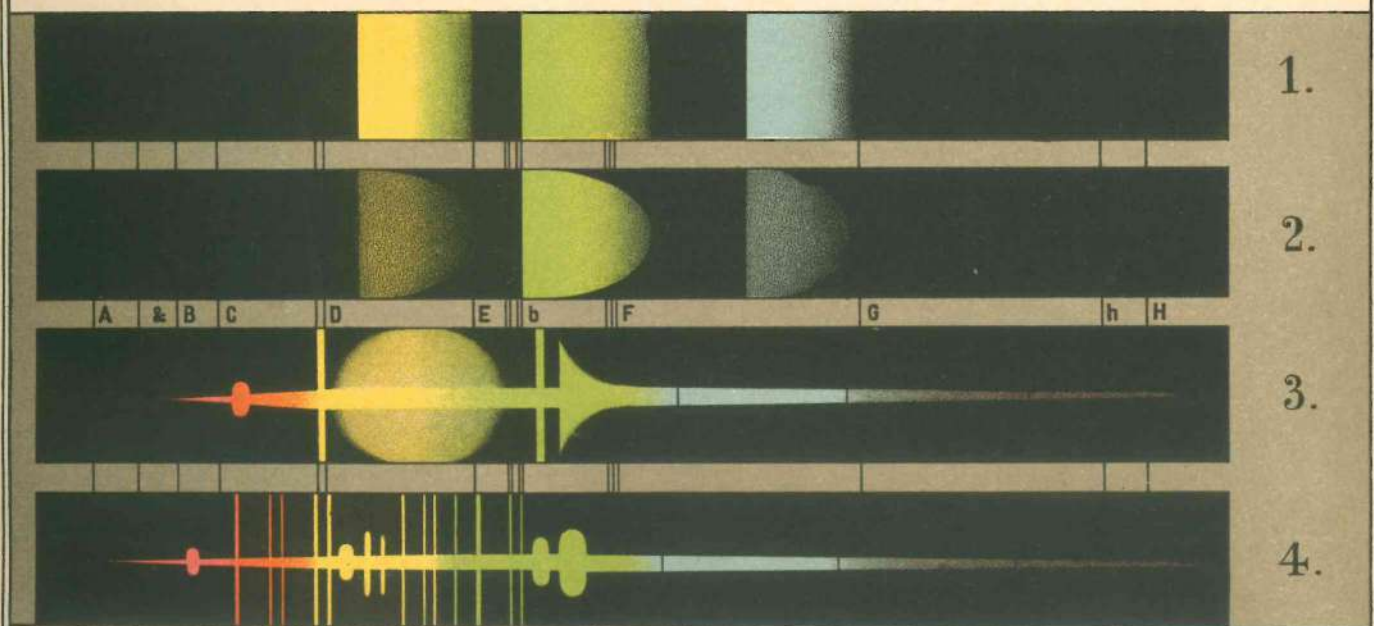
14. La scienza co' suoi studi intorno alla costituzione fisica, al moto, al numero delle comete è riuscita a sfatarle. Astri terribili furono esse per lunghi secoli ritenute, presso i Greci, presso i Romani, in Europa ancora nel secolo decimosesto.

Le comete, si disse e si credè fermamente, sono segnali precursori di sventure umane, avvertimenti degli Dei corrucciati, indizii dell'ira di Dio. L'umanità si è oramai persuasa che dagli astri non deve temere nè guerre, nè rivolgimenti sociali, nè altre simili calamità, delle quali così le cause come i rimedii essa deve sovratutto e solo cercare in sè medesima.

Le comete, si disse, producono siccità, temperature estreme ed eccezionali dell'atmosfera terrestre, malattie infettive, pesti. Tutto questo cadde di fronte al grande numero delle comete esistenti. Noi siamo in rapporti continui colle comete, e se l'influenza loro sulle nostre vicissitudini atmosferiche esistesse davvero, sarebbe un fatto incessante, perenne, d'ogni giorno, d'ogni ora. A nulla valgono le ricerche statistiche fondate nel numero delle comete vedute in questo e quell'anno, poichè il numero stesso è una frazione trascurabile delle comete non viste, non visibili e realmente esistenti.

Le comete, si disse infine, sono un pericolo che perennemente sovrasta alla Terra e al Sistema planetario. Astri che si muovono con sì gran velocità, e in ogni direzione, e in ogni plaga dello spazio possono oggi, domani, in un istante qualunque del tempo, scontrare, urtare la Terra... Collisionem tantorum corporum, ac tanta vi motorum avertat Deus Optimus Maximus... Dalla tenuissima massa delle comete nè la Terra, nè gli altri pianeti possono temere effetti meccanici sensibili. L'urto di una cometa colla Terra si risolverebbe (capitolo seguente, paragrafo 4), in una splendida e memorabile pioggia di stelle cadenti.

Cometa Biela poco dopo il suo sdoppiamento (Febbraio 1846).

Cometa Biela nell' ultima sua apparizione osservata (Settembre 1852).

Atlante Astronomico.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Spettri di comete paragonati colle righe principali di Fraunhofer.

# V. — LE METEORE LUMINOSE.



1. D'un tratto un punto luminoso e brillante appare in cielo; rapidamente, quasi *una stella che tramuti loco*, corre attraverso alle costellazioni; scompare dopo brevi istanti, senza lasciare di sè traccia alcuna. È una stella cadente.

Non passa notte, non ora senza che un certo numero di cadenti appaia; il loro colore è generalmente o bianco o giallo; il loro splendore è, poche eccezioni fatte, paragonabile a quello delle stelle fisse, ed anche fra esse vi sono le visibili ad occhio nudo e le telescopiche; la loro apparizione dura in generale una frazione di secondo, e raramente raggiunge od oltrepassa il minuto secondo; il loro rapido passare è segnato da una striscia luminosa, che, quasi coda più o meno fugace, esse lasciano dietro a sè; le code loro, la più gran parte delle volte leggermente arcuate (tav. XXVI), non di rado serpeggianti, qualche volta appaiono come linee spezzate (tav. XXIV).

In media un osservatore vede durante un'ora da 10 a 12 stelle cadenti; vi sono ore della notte più ricche di cadenti ed altre meno, le ore verso il mattino contandone tre volte più che non quelle della sera; vi sono notti dell'anno in cui le cadenti sogliono apparire più numerose e più brillanti del consueto, le notti ad esempio dal 9 al 13 di agosto; vi sono momenti rari, ad anni di distanza, nei quali il numero delle cadenti durante qualche ora supera l'immaginazione stessa: appaiono a migliaia, a miriadi, innumerabili: solcano la volta del cielo per ogni verso (tav. XXVI): il cielo pare in fiamme: memorabili a questo riguardo e a memoria dei viventi sono le notti dal 13 al 14 novembre del 1866, quelle dal 27 al 28 novembre del 1872 e del 1885.

In ciascuna di queste epoche memorabili le rispettive cadenti hanno molta analogia di aspetto, vanno in ogni direzione, ma, ciò che è importantissimo, paiono tutte divergere da un punto o da una stretta area del cielo (radiante); sono frequenti così come durante una nevicata i fiocchi di neve; salgono in un'ora a milioni, non contate le telescopiche; sono visibili da vastissime plaghe della superficie terrestre; per ore intere, quant'esse durano, assorbono in una contemplazione estatica tutta l'attenzione umana. Per chi pensa però, anche le ordinarie cadenti d'ogni giorno sono sorgenti di maraviglia viva. Un osservatore ne conta da 10 a 12 in un'ora, ma il loro numero reale è ben maggiore. Se un osservatore potesse col suo sguardo tutta contemporaneamente abbracciare la volta celeste, è ammesso che in un'ora vedrebbe in media da 30 a 40 cadenti; se con un solo sguardo si potesse tutta abbracciare la superficie della Terra, il calcolo insegna che il numero delle cadenti visibili in un'ora sarebbe almeno 10000 volte maggiore. In ogni ora quindi da 300 a 400 mila, in ogni giorno da 7 a 10 milioni di cadenti, astrazion fatta delle telescopiche, passano sugli orizzonti terrestri. Queste cadenti ogni notte osservabili paiono divergere ognuna da un diverso punto del cielo, e sporadiche furono perciò dette. Meglio studiandole, si capì però che la loro sporadicità è solo apparente, che dipende da ciò che ogni notte si ha un certo numero di radianti dai quali meteore divergono, e che la moltiplicità dei radianti produce appunto l'apparente disordine delle traiettorie percorse dalle diverse cadenti visibili.

2. La grande varietà dei fatti ricordati e riferentisi alle cadenti scaturisce in modo necessario dalla intrinseca natura delle cadenti stesse, oramai nota dopo le indagini dello Schiaparelli.

Le cadenti sono corpuscoli cosmici, solidi, oscuri, che nello spazio si muovono attorno al Sole in orbite o ellittiche o paraboliche. La loro massa è esigua; il loro peso di rado raggiunge alcuni grammi, quasi sempre equivale ad una frazione di grammo. Si muovono con velocità cosmiche che variano da 16 a 72 mila metri per minuto secondo, centinaia di

volte più rapide che il suono e che i proiettili delle artiglierie.

Le cadenti vanno a sciami: talora a sciami densi e serrati, analoghi, astrazion fatta dalle dimensioni, agli sciami di moscerini che d'estate si vedono nella nostra atmosfera: talora a sciami diffusi che non di rado occupano tutto l'anello disegnato dalla loro orbita, e formano così attorno al Sole una corrente continua che ritorna in sè medesima.

I diversi corpuscoli di uno stesso sciame descrivono orbite simili e parallele, e questa è la ragione per cui le loro traiettorie apparenti sembrano divergere da un punto unico, o meglio, da uno spazio ristretto della sfera celeste, da quello irradiando verso tutte le direzioni.

I diversi corpuscoli di uno stesso sciame percorrono orbite situate a grandissima distanza dalla superficie terrestre, e questa è la ragione per cui diversi osservatori, collocati a distanze anche grandi sulla superficie della Terra, vedono in un dato istante la radiazione procedere dal medesimo punto del cielo e dalle medesime stelle.

Le orbite percorse dai diversi corpuscoli di uno stesso sciame non di rado incontrano l'orbita descritta ogni anno dalla Terra, e se avviene che sciame e Terra vengano a passare contemporaneamente per questo punto in cui le orbite rispettive si tagliano, uno scontro succede. I corpuscoli dello sciame penetrano nell'atmosfera terrestre, col loro rapido muoversi attraverso ad essa resistente sviluppano il calore necessario alla loro conflagrazione, si accendono di luce viva, e, divenendo visibili, a noi appaiono come stelle che tramutino loco.

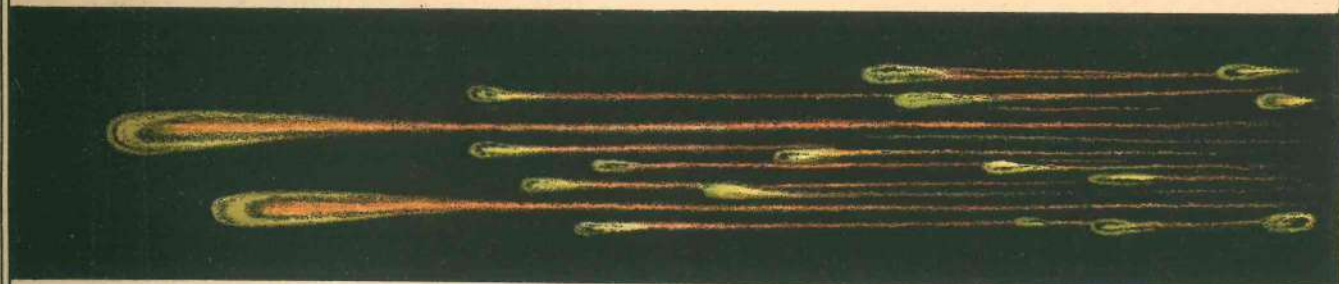
Le cadenti si accendono nelle regioni più elevate dell'atmosfera terrestre, ad altezze che di rado oltrepassano 180 o 220 chilometri; raramente discendono più basso che 70 o 90 chilometri. Compiono la loro corsa luminosa in una regione dove l'aria è estremamente rara; in quella regione vengono arrestate dall'atmosfera, disfatte, disperse; in essa terminano la loro esistenza come corpi cosmici indipendenti. Si trasmutano, si disperdono in vapori od in pulviscolo impalpabile, e generano così una polvere atmosferica, che, per distinguerla dall'altra d'origine terrestre, si dice polvere cosmica.

Se lo sciame meteorico incontrato dalla Terra è molto diffuso, o se la Terra lo attraversa secondo una delle sue dimensioni minori, il numero delle stelle cadenti a cui esso dà luogo è piccolo; se lo sciame è denso, serrato, e se la Terra lo attraversa in pieno, allora succede una pioggia di cadenti, analoga alle ricordate del 1866, del 1872, del 1885, in cui il numero delle meteore, che infiammandosi diventano visibili, sale a decine di migliaia in un'ora. Pioggia di fuoco, pioggia nel senso vero della parola, in quanto in essa, come nelle pioggie d'acqua, le linee percorse dalle diverse goccie, sieno esse perpendicolari o inclinate rispetto all'orizzonte, sono esattamente parallele fra loro.

3. Le orbite descritte in generale dalle stelle cadenti nello spazio sono analoghe per natura, forma e disposizione alle orbite delle comete. La velocità assoluta delle cadenti, quando urtano l'atmosfera terrestre, è prossima alla velocità che corrisponde al moto parabolico attorno al Sole, e sta alla velocità della Terra nella sua orbita nella proporzione di 141 a 100. La velocità che corrisponde allo scontro delle cadenti colla Terra muta secondo la direzione del loro movimento; è massima quando esse urtano la Terra venendo da un punto poco lontano da quello verso cui la Terra in quell'istante si muove (apice), in tal caso la velocità loro e quella della Terra sommandosi insieme; è minima quando esse inseguono la Terra e la raggiungono in grazia della loro maggior velocità assoluta, la velocità loro e quella della Terra sottraendosi in tal caso l'una dall'altra; assume un valore intermedio quando esse incontrano la Terra prendendola di fianco rispetto alla direzione del suo movimento. Se la Terra si muovesse con velocità infinita, noi non vedremmo che stelle cadenti le quali vengono dalla regione dell'apice; la combinazione del vero moto orbitale della Terra col suo moto quotidiano di rotazione fa sì, che le regioni attorno all'apice sembrino emettere maggior numero di cadenti che non le opposte, e che, culminando le regioni stesse verso le sei ore del mattino, cresca, come si disse, nelle ore prossime al mattino il numero delle cadenti visibili.

4. Alcune comete percorrono nello spazio orbite identiche a quelle percorse da certi sciami di cadenti. La tenuità e diffusione delle masse cometarie fa sì, che in ogni cometa, la quale avvicinandosi al Sole entra nella sua sfera d'azione, l'attrazione reciproca delle sue parti presto venga superata dalla maggiore attrazione sovr'esse esercitata dal Sole, e più non basti a bilanciarla. Il Sole diventa per tal modo, rispetto alle comete che gli si avvicinano, una forza disgregante e di dispersione, ed attraendo esso diversamente le parti della cometa più vicine e le più lontane, queste e quelle diversamente disperde, e la massa delle comete, disperdendosi, si allunga e si trasforma in corrente. Nè il Sole soltanto, ma ogni pianeta, la Terra non esclusa, se avvicinato da una cometa, esercita sovr'essa un'analoga azione dispersiva. Ove una cometa fosse portata dal proprio movimento contro alla Terra, prima di arrivare alla superficie di questa si dissolverebbe in gran parte.

Molto probabilmente quindi le cadenti provengono dalla dispersione della materia delle comete. " Le correnti meteoriche sono il prodotto della dissoluzione delle comete, e constano di minutissime particelle che certe comete hanno abbandonato lungo la loro orbita in causa della forza disgregante che il Sole ed i pianeti esercitano sulla materia rarissima di cui sono composte. „

5 Vi sono fra le pioggie di cadenti le periodiche, le pioggie cioè che si riproducono, trascorso un periodo determinato di tempo.

Atlante Astronomico. ULRICO HOEPLI, Editore in MILANO.

Mutazioni di forma delle code di cadenti osservate con un cannocchiale il 9 e il 12 Agosto 1861.

Ferro meteorico di Agram (26 Maggio 1751). Ferro di Pallas da questi trovato nel 1776 a Krasnojarsk. XXV.

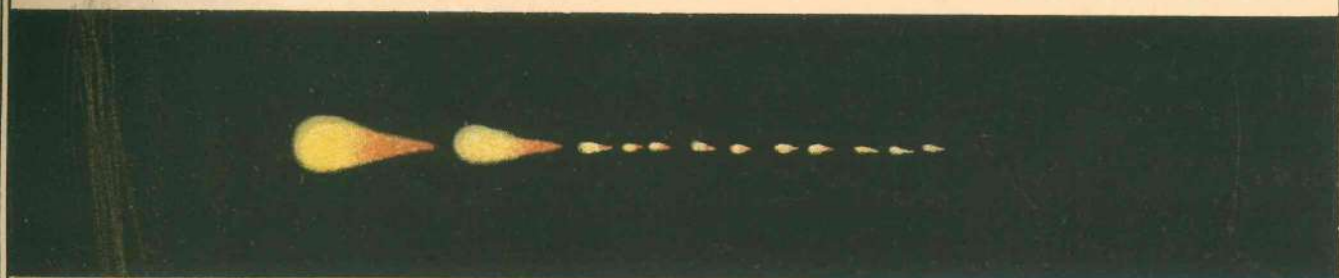
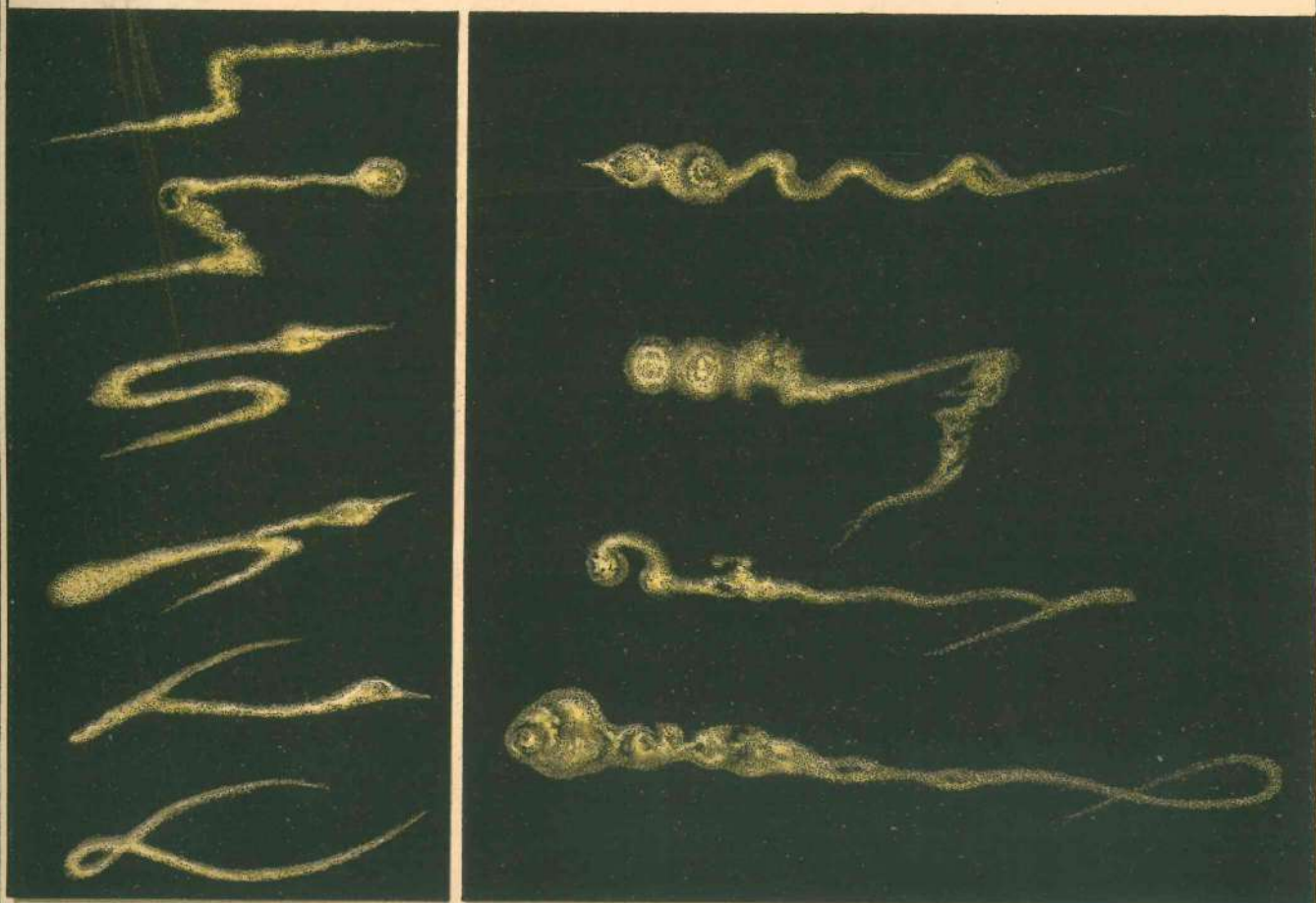
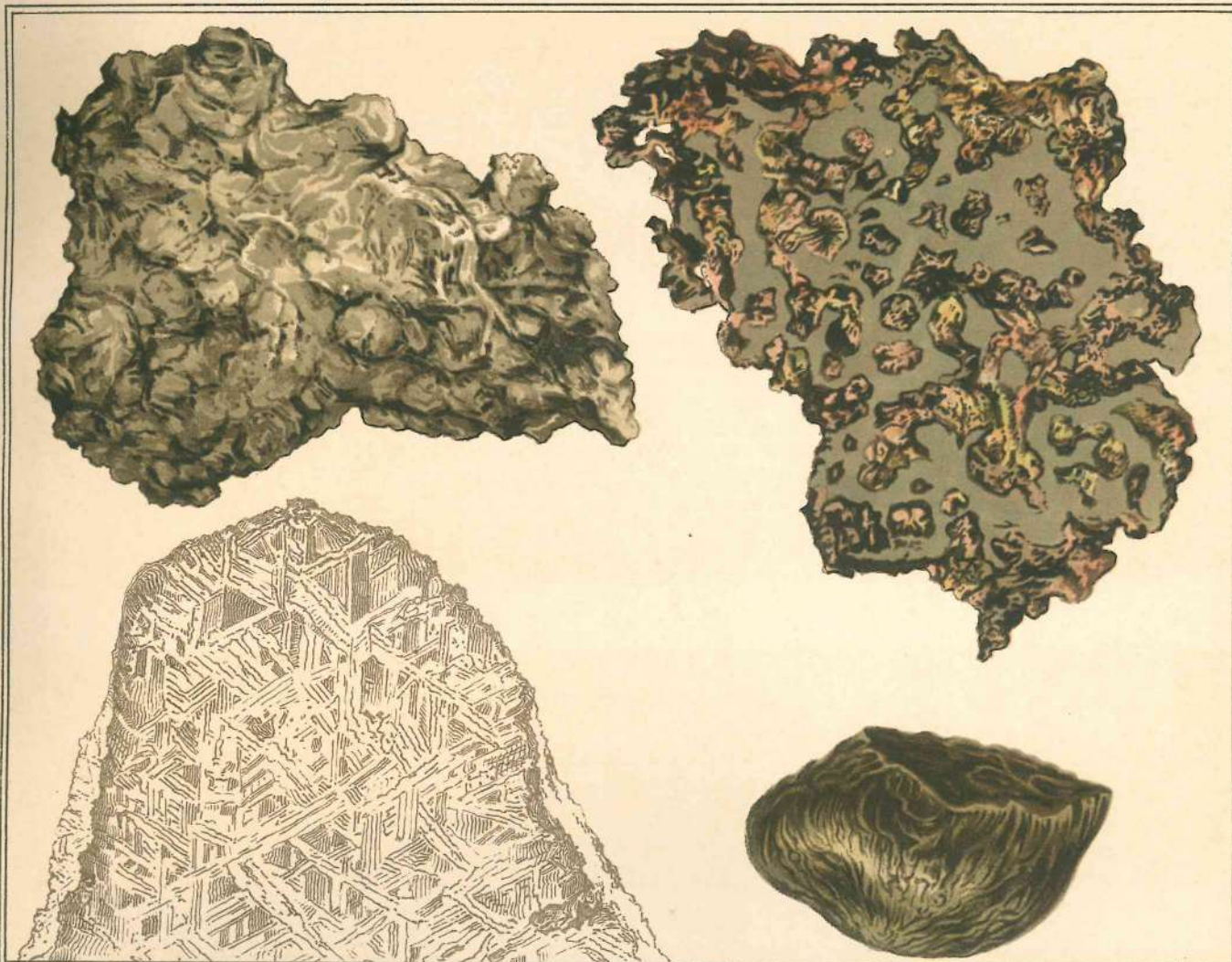



Figure di Widmannstetten nel ferro meteorico di Ellbogen. Pietra meteorica di Stannern (22 Maggio 1808).

ULRICO HOEPLI, Editore in MILANO.

Meteora seguita da caduta di pietre vista a Quenggouk il 27 Dicembre 1857.

Ogni anno, dal 9 al 13 di agosto, si nota un maggior numero di cadenti (Perseidi), le quali, dotate di identici caratteri fisici, divergono senza eccezione dallo stesso punto del cielo nella costellazione di Perseo. Ogni anno, dal 19 al 23 di aprile, si ripete una mediocre pioggia di cadenti, le quali irradiano tutte e sempre da un punto vicino alla stella Vega della Lira. Ogni anno, dal 12 al 14 di novembre, si nota il passaggio di alcune cadenti appartenenti ad uno stesso sciame, divergenti da un punto nella costellazione del Leone, Leonidi dette, e ad intervalli di 33 anni circa (nel 1766, nel 1799, nel 1833, nel 1866) il discreto passaggio si converte in una pioggia memorabile. I giorni 27 novembre del 1872 e del 1885 furono segnalati da due grandi pioggie di cadenti, irradianti l'una e l'altra dalla stessa regione del cielo compresa fra le costellazioni di Perseo, di Cassiopea, di Andromeda, l'una e l'altra prodotte da uno stesso sciame, che periodicamente a intervalli non si sa bene se di 13 o di 6,5 anni riappare. A quest'ultima pioggia di cadenti corrisponde la Cometa periodica di Biela (cap. IV, par. 7); le Leonidi percorrono l'orbita stessa in cui si muove la Cometa 1866, I con periodo di 33 anni circa (tav. XIV-XV); allo sciame delli 19-23 aprile corrisponde la Cometa 1861, I di cui il periodo è uguale a 415 anni; le Perseidi e la Cometa 1862, III, periodica e con una rivoluzione di 121 anni, percorrono la stessa orbita.

Non è difficile rendersi ragione di queste e delle altre piogge periodiche note, sia poi il periodo loro uguale ad uno o più anni. Immagini il lettore due cerchi, due anelli di diametro sensibilmente diverso che si tocchino in un punto $A$. Supponga che lungo il cerchio minore si muova, tutto percorrendolo in un anno, la Terra, e che lunghesso il maggiore, impiegando a percorrerlo intiero un tempo assai più grande di un anno, si muova uno sciame di corpuscoli meteorici, e consideri a parte il caso in cui lo sciame è tenue, diffuso lungo tutto il proprio anello, e il caso in cui lo sciame denso, serrato occupa solo una piccola porzione dell'anello stesso.

In un dato giorno e Terra e sciame si trovano in $A$; succede uno scontro, e dallo scontro si estrica una pioggia di cadenti. Trascorre un anno, e la Terra torna a passare pel punto $A$: se lo sciame è diffuso lunghesso tutto il suo anello, la Terra trova nel punto $A$ nuovi corpuscoli dello sciame stesso, e ad un anno d'intervallo la pioggia si riproduce: se lo sciame è denso, serrato, la Terra, ripassando dopo un anno per $A$, più non vi trova lo sciame trasportato nel frattempo dal proprio movimento in un altro punto $B$ della sua orbita; ogni anno la Terra ripassa per $A$ in quel dato giorno, ma prima che in $A$ torni ad incontrarvi il denso sciame delle meteore, dando così origine ad una seconda pioggia di cadenti, devono trascorrere 20, 30 . . . anni, se uguale a 20, 30 . . . anni è il periodo di rivoluzione dello sciame.

6. Qualche volta un corpo luminoso di dimensioni sensibili, quasi un globo di fuoco (bolidè), attraversa con velocità mutabile lo spazio, gettando da ogni parte una luce vivissima e lascia dietro a sè uno strascico vivo, lucido e persistente. Tale fu il bolide osservato il 13 novembre del 1865 (tav. XXIV).

I bolidi hanno colori diversi: se ne son visti dei bianchi, dei gialli, dei rossi, dei verdi; appaiono di giorno come di notte; le code loro persistono uno, due minuti, qualche volta un quarto d'ora e più. Il 18 ottobre del 1863 un bolide diede tempo a Schmidt di cercare un cannocchiale, e di osservarlo con esso: era formato (tav. XXIV) da due grosse goccie di color verde smeraldo che finivano in code rosse di fuoco; le due grosse goccie correvano avanti, e dietr'esse venivano numerose goccie minori verdi e rosse esse pure. Qualche cosa di analogo presentò nel luglio del 1860 il doppio bolide di Elmira (tav. XXIV): lo formavano due grossi corpi splendidi, piriformi e susseguentisi; venivano dietro ad essi allineati tanti corpicini lucidi colla forma tutti di pera.

L'apparizione di un bolide soventi è accompagnata, o immediatamente seguita da una o più detonazioni successive, che si intendono da grandi distanze, da punti lontani 100, 150 chilometri. Soventi ancora a queste detonazioni tien dietro la divisione del bolide in un numero più o meno grande di frammenti luminosi, che sembrano proiettati in direzioni diverse. In pochi casi alla detonazione ed esplosione del bolide tien dietro una pioggia di corpi lapidei (aeroliti, meteoriti) di dimensioni, di forme e di apparenze diverse. Il 27 dicembre del 1857 a Quenygouk fu visto un bolide seguito da intensissima luce (tavola XXV), accompagnato da forti detonazioni che finirono in una memorabile pioggia di pietre; due frammenti, trovati a più che un chilometro di distanza, si corrispondevano e si giustapponevano perfettamente. L'apparizione dei bolidi e la caduta degli aeroliti o meteoriti sono due fatti, la cui connessione è ben stabilita dall'identità del tempo e del luogo in cui si osservano. I bolidi sono per conseguenza corpi solidi, così come gli aeroliti che se ne distaccano.

7. I bolidi sono corpi cosmici che attraversano l'atmosfera terrestre con una grandissima rapidità; l'incandescenza loro è dovuta al calore sviluppato dalla compressione dell'aria che essi attraversano. La grande velocità del bolide fa sì, che la compressione da esso prodotta in un punto della massa aerea non abbia tempo di estendersi agli strati contigui, prima che questi non sieno a loro volta compressi dal bolide stesso che sopraggiunge. L'aria viene per tal modo compressa come lo sarebbe in un fucile a vento, e la temperatura elevatissima, che accompagna questa compressione, genera una fusione superficiale del bolide, una volatilizzazione delle sue parti più fortemente riscaldate, le quali, trascinate dall'aria che sfugge rasente il contorno del bolide, vanno a formare la lunga traccia luminosa che segna la traiettoria dal bolide percorsa.

L'aria, compressa dal bolide che vola, reagisce a sua volta sulla parte anteriore di esso, esercita sovr'esso uno sforzo notevolissimo, e le parti del bolide che, in grazia della forma irregolare di esso, presentano maggior presa all'azione di questo sforzo, finiscono per cedere e staccarsi bruscamente. Nella massa del bolide, soggetta ad un rapido riscaldamento e tutto superficiale, si producono dilatazioni parziali e dissimmetriche, tensioni interne, cause esse pure di rottura. Diversi frammenti, o contemporaneamente o a brevi intervalli di tempo, si staccano così dal bolide, e questi frammenti lanciati, dall'espansione dell'aria compressa, in direzione contraria a quella del movimento, che essi pochi istanti prima dividevano col corpo intiero del bolide, incapaci di resistere per la loro piccola massa alla forte pressione ed espansione atmosferica, perdono la loro velocità primitiva, e arrivano alla superficie della Terra con velocità grandi ancora, ma che poco sono diverse da quelle, che acquisterebbe un grave cadendo nell'atmosfera da una corrispondente altezza.

8. Gli aeroliti (pietre dell'aria), detti anche meteoriti o pietre meteoriche, ebbero dagli antichi un culto speciale; più tardi furono dalla scienza, che non sapeva darne ragione, negati; ora sono oggetto di studii coscienziosi. L'area di caduta dei meteoriti d'una stessa apparizione è un'ovale allungata, il cui asse corrisponde alla direzione della traiettoria percorsa dal bolide; quando cadono, i meteoriti non sono più incandescenti, ma alla superficie caldi, sì che non si possono toccare, nell'interno freddissimi, grazie alla poca conduttibilità delle pietre; una crosta nera, sottile, alta neppure un millimetro copre i meteoriti, quasi una vernice testimonio dell'alta temperatura che li ha per qualche istante avvolti; tutti i meteoriti hanno un aspetto frammentario, e rassomigliano a dei poliedri irregolari a spigoli smussati; i maggiori meteoriti pesano 25000, 780 e 300 chilogrammi, ma sono eccezioni; raramente essi superano i 50 chilogrammi, e il peso loro discende talora a qualche grammo e a pochi decigrammi perfino.

In tutti i meteoriti, tre o quattro eccezioni fatte, osservasi la presenza costante del ferro allo stato metallico. Alcuni dividono i meteoriti in metallici e in litoidi o lapidei, formati quelli da una massa di ferro continua disseminata di materiali diversi, caratterizzati questi da una pasta pietrosa continua sparsa di ferro in piccoli grani. Metallici (tav. XXV) sono il meteorite caduto ad Agram il 26 maggio del 1751, il meteorite trovato da Pallas nel 1776 a Krasnojarsk in Siberia; litoide è il meteorite caduto a Stammern nel 1808 (tav. XXV). Altri ammettono quattro tipi principali di meteoriti: olosideri, formati di puro ferro e cadenti, all'epoca attuale almeno, rarissimamente; sissideri, masse di ferro metallico continuo disseminate di silicati: sporadosideri, masse pietrose disseminate di ferro, tipo a cui appartiene la più gran parte dei meteoriti; asideri, meteoriti relativamente poco numerosi, nei quali manca assolutamente il ferro metallico. La natura però poco si presta ad essere rinchiusa in istrette classificazioni; la verità si è che i meteoriti passano dal ferro puro alla pietra priva di ferro attraverso ad innumerevoli varietà, che certi meteoriti hanno una composizione a sè, e si sanno distinguere solo, dando loro il nome del luogo dove caddero, aggiunta ad esso la desinenza in ite.

Nei meteoriti il ferro è accompagnato sempre da nichelio; parti dell'uno e dell'altro formano una lega che si dispone in lamine sottili, regolari, separate da straticelli della rimanente massa del meteorite. Gettando sopra una di queste lamine un acido, questo intacca diversamente il ferro e il nichelio, e produce così disegni in rilievo graziosissimi, figure regolari alle quali si dà il nome del loro scopritore Widmanstetten (tav. XXV).

Senza entrare circa la composizione dei meteoriti in maggiori dettagli, questo importa di notare. I meteoriti non contengono corpo semplice che nella Terra non sia, ed offrono una notevole analogia di composizione con alcune roccie terrestri. Non solo essi contengono i medesimi corpi semplici, ma i tre corpi, ferro, silicio, ossigeno, che in essi predominano, sono anche quelli che predominano nella Terra. Le roccie terrestri, che offrono maggiori tratti di rassomiglianza coi meteoriti, appartengono tutte alle regioni più profonde; solo una differenza essenziale esiste fra esse ed i meteoriti; questi cioè contengono allo stato semplice e ridotto certi corpi, che le prime contengono solo allo stato di ossidi.

9. In un determinato luogo della Terra la caduta di un meteorite è fenomeno rarissimo. Le statistiche però portano in media a 180 le cadute ogni anno osservate sui diversi continenti, e poichè grandissima è l'estensione degli oceani, e grandi sono le plaghe continentali o deserte o barbariche, forza è pensare che il numero dei meteoriti realmente cadenti è ben maggiore dell'osservato, e che la caduta di pietre meteoriche sulla Terra in generale è fenomeno di ogni giorno.

Sono rari i casi in cui siasi riuscito ad osservare integralmente l'apparizione di un bolide, in cui siasi cioè visto il bolide, determinato il suo corso apparente, osservata la pioggia lapidea che segue l'esplosione, raccolto il meteorite. Questi casi sommano a 265, e non sono tali da risolvere ogni dubbio circa la velocità con cui i bolidi entrano nell'atmosfera terrestre. Certo essa è cosmica, e i bolidi sono quindi corpi extraterrestri e cosmici, ma non si può dire se essa corrisponda al moto parabolico oppure all'iperbolico, e questo lascia pel momento insolute alcune questioni che riguardano l'origine dei bolidi, pur mantenuto fermo e dimostrato che questa è extraterrestre.

Se il moto dei bolidi, prima di entrare nell'atmosfera della Terra, fosse iperbolico, i bolidi non apparterrebbero nè alle comete, nè alle cadenti, nè al Sistema planetario; la loro origine sarebbe stellare,

Atlante Astronomico. Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Pioggia di stelle cadenti vista nell' America settentrionale la notte dal 12 al 13 Novembre 1833.

nè potrebbero in modo alcuno derivare da un unico corpo. Se il moto loro fosse parabolico, i bolidi sarebbero affini delle comete, e potrebbero forse derivare se non da un unico corpo, così come vorrebbero le indagini fatte da un punto di vista mineralogico, da una medesima classe di corpi almeno.

Alcuni ritengono che stelle cadenti e bolidi sono una stessa cosa, che le apparenze loro formano i punti estremi di una scala di fenomeni la quale offre dall'uno all'altro una serie di gradazioni continua, che differiscono in ciò solo che le cadenti passano ad una distanza molto più grande dalla Terra. Nello stato attuale della scienza tutte queste cose non si possono dimostrare; se bolidi e cadenti sieno o non una stessa cosa, rimane pel momento insoluto. Neppure le ricerche spettroscopiche apportano luce nella questione. Gli spettri delle cadenti hanno mostrato in alcune di esse materia gasosa incandescente, vapori di sodio e di magnesio in ispecie, hanno mostrato in altre e materiali gassosi e particelle solide incandescenti; particelle solide, materiali gasosi presenta ogni bolide, così come li presentano molti altri corpi cosmici.

10. Talora verso occidente, appena cessato il crepuscolo della sera, oppure verso oriente, avanti il crepuscolo del mattino, si osserva il cielo risplendere d'una luce bianca, lattea, diffusa, la quale sotto forma di un grande triangolo luminoso poggia colla sua base sull'orizzonte, e da questo s'innalza prossimamente lunghesso l'eclittica. Detta dapprima piramide di luce celeste, poi luce zodiacale, essa prende in epoche diverse e in diversi paesi intensità ineguali; talora appena riconoscibile, talora vivamente splendida e tale che non scompare, nè impallidisce pure a fronte della Luna falcata.

La luce zodiacale nei paesi tropicali si mostra regolarmente ogni mattina ed ogni sera durante l'intero anno e in tutto il suo splendore (tav. XXVII). Questo nasce da ciò che in essi è breve la durata del crepuscolo, grande la trasparenza dell'atmosfera, e più specialmente ancora da ciò che in essi l'eclittica fa un angolo grande coll'orizzonte, cosicchè la luce zodiacale nel suo trasportarsi lunghesso l'eclittica non viene mai a giacere troppo vicino all'orizzonte e ad essere avvolta dalle nebbie di questo. Nei paesi settentrionali, pei quali l'angolo fra l'eclittica e l'orizzonte è piccolo, la luce zodiacale, trasportandosi lungo l'eclittica, ora più ora meno, resta avvolta dalle nebbie dell'orizzonte, ed ora più ora meno, nitida appare: quasi invisibile d'estate, visibile e la sera e il mattino nei mesi iemali, mostrasi più distintamente la sera verso la fine di febbraio e il principio di marzo, il mattino verso la metà di ottobre. Nelle medie latitudini dell'emisfero australe succede qualche cosa di analogo: la si vede meglio la sera in ottobre, il mattino in febbraio e marzo, la sera e il mattino durante i nostri mesi estivi.

Dietro le apparenze, la luce zodiacale risulta quindi d'una nube luminosa ellittica lenticolare, il cui asse maggiore giace press'a poco nell'eclittica ed il cui centro cade nel Sole. È una specie di fuso verso il cui mezzo sta il Sole, che apparentemente si muove lungo l'eclittica col Sole, e del quale noi vediamo talora solo la parte che è a levante del Sole, talora sol quella che è a ponente di esso, talora e l'una e l'altra. Questa, appena descritta, non costituisce però tutta la luce zodiacale, ma solo la parte più splendida e più facilmente osservabile. In circostanze favorevoli mostrasi lungo l'eclittica un altro fuso luminoso simile al precedente, più piccolo, più pallido e col suo mezzo in un punto dell'eclittica diametralmente opposto al luogo del Sole. Questo fuso minore fa esso pure parte della luce zodiacale, e la luce stessa, presa nel suo insieme, forma una grande fascia luminosa che si estende lungo tutta l'eclittica, ed ha due massimi di intensità l'uno coincidente col Sole, l'altro, assai meno splendido, al Sole diametralmente opposto. Taluni assegnano l'atmosfera terrestre quale sede della luce zodiacale, altri, in maggior numero e forse a ragione, la considerano come un fenomeno extraatmosferico e cosmico, ma pel momento intorno alla luce zodiacale si hanno opinioni, non principii fondamentali ed irresistibili; qual sia la natura e l'origine della luce zodiacale, è insoluto.

Atlante Astronomico.

ULRICO HOEPLI, Editore in MILANO.

Luce zodiacale vista dalle Savanne del Messico.

# VI. — LE STELLE E LE NEBULOSE.



1. Il Sole, la Terra e la Luna, gli altri pianeti e i loro satelliti, le comete e le meteore occupano una regione relativamente angusta dello spazio, nella quale il Sole domina e regge e che potrebbe chiamarsi la regione del Sole. Al di là del più lontano pianeta conosciuto, Nettuno, al di là dell'estremo limite a cui la più eccentrica delle orbite possa portare una cometa, ma molto e molto al di là, altre regioni si svolgono, le regioni delle stelle, astri che, come il Sole, splendono di luce propria. Dalla Terra noi vediamo queste regioni lontane e sconfinate in iscorcio, prospetticamente, e le vediamo raccolte su un'unica superficie, firmamento, cielo stellato. Il firmamento è quindi la più grande delle sintesi, la sintesi dell'universo, epperciò è altamente poetico; come un abisso, attrae chi lo guarda; scuote, agita, eccita anche la mente più inerte; pare il vincolo destinato a collegare il presente al futuro; pare il segno ultimo della vita attuale, il primo dell'avvenire ignoto. Guardandolo, uno si sente sprofondare nell'universo, nè in nessun'altra direzione la mente sa spiccare volo più alto per di sopra agli orizzonti miseri della vita.

2. Come orientarsi nel labirinto delle stelle che splendono in cielo? Nominarle ad una ad una, ritenerle a memoria sarebbe impossibile; è più pratico riunirle in gruppi, costellazioni, dare a queste un nome speciale, e distinguere le stelle dal posto che occupano nel rispettivo gruppo. Così fecero i popoli più remoti dell'oriente, così i Cinesi, così i Greci. Gli aggruppamenti delle stelle non possono essere che arbitrarii, poichè sono rari i gruppi veramente caratteristici, e che da sè stessi si indicano all'occhio. Le costellazioni dei Cinesi e dei Greci sono affatto diverse, ma ciò non ostante esse servirono mirabilmente agli uni e agli altri nelle loro descrizioni del cielo.

Io non saprei dire, nè lessi mai che altri abbia dimostrato essere le costellazioni greche d'origine interamente greca. Intima è la loro connessione coll'insieme della Mitologia greca, ma se questo permetta di far discendere fino ai Greci la formazione loro non fu ancora deciso. Forse avvenne in questo quello che nella storia del pensiero in generale. I Greci presero dagli altri popoli dell'antichità in tutto o in parte le costellazioni, ma la loro potenza di assimilazione le trasformò, e ad esse diede un'impronta greca caratteristica. Le costellazioni fenicie e caldaiche trasportate in Grecia perdettero il nome e il significato antico, assunsero fisionomia nuova, nè conservarono pur traccia della loro origine. *Graecia stellis numera et nomina fecit;* il genio greco dava vita a quanto toccava; in cielo ideò figure d'uomini e di bruti, disegnò eroi, mostri e fiumi guidato dall'immaginazione, di rado sorretto dalla disposizione naturale delle stelle; potente, audace scrisse i fasti delle proprie credenze in un libro immortale ed intangibile, il cielo.

Devesi al fascino che il genio greco esercitò sempre, se le costellazioni loro ancor oggi esistono, e sfidarono tanti secoli, tanto movimento di idee, tanta rabbia di distruzione. Invano in sul principiare del secolo decimosettimo lo zelo sacro della Mitologia biblica tentò di sostituire alla greca una terminologia nuova con Davide, Sansone, Golia, i Re magi, l'Arca di Noè e via; invano verso la fine del secolo stesso alcuni appassionati dell'Araldica tentarono portare in cielo le armi dei grandi e delle corporazioni della Terra. Le descrizioni greche delle costellazioni accettate dai Romani e dagli Arabi, da questi trasmesse all'occidente, sopravvissero interamente.

In cielo noi contiamo ora 48 costellazioni antiche e delle quali Tolomeo parla nel suo Almagesto. Di

esse 21 sono boreali, 12 appartengono allo Zodiaco, 15 sono australi. Le boreali sono: *Orsa maggiore, Orsa minore, Boote, Dragone, Cefeo, Cassiopea, Perseo, Andromeda, Triangolo, Cocchiere, Pegaso, Puledro (Equuleo), Corona boreale, Ercole, Ofioco, Serpente, Lira, Cigno, Aquila, Freccia (Saetta), Delfino.* Le zodiacali sono: *Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Libra, Scorpione, Sagittario, Capricorno, Acquario, Pesci.* Le australi sono: *Balena (Ceto), Eridano, Orione, Lepre, Cane maggiore, Cane minore, Argo (Nave), Idra, Coppa, Corvo, Centauro, Lupo, Altare, Corona australe, Pesce australe.*

Gli interstizii fra queste costellazioni sono pieni di stelline, *amorfotoi*, dai Greci non attribuite alle costellazioni attigue; attorno al polo australe sono numerose le stelle ignote ai Greci. Colle *amorfotoi* furono in tempi a noi prossimi formate le costellazioni boreali *Volpe, Lucertola, Giraffa, Lince, Cani dà caccia, Chioma di Berenice, Leone minore*, le costellazioni australi *Liocorno, Scudo di Sobieski, Sestante.* Dalle rimanenti *amorfotoi* australi e dalle stelle australi ignote agli antichi furono tratte le costellazioni *Ottante, Mensa, Idro, Camaleonte, Apode (Apus), Pavone, Indo, Tucana, Pesce volante, Mosca, Compasso, Triangolo australe, Dorado, Orologio, Reticolo, Pittore, Croce del Sud, Norma, Fenice, Telescopio, Grù, Cielo, Microscopio, Colomba, Scultore, Forno, Macchina pneumatica, Bussola,* costellazioni che, unite alle australi antiche, coprono con ordine, dopo i lavori di Halley (1676-78), di La Caille (1751-52), di Gould (1879), tutto l'emisfero sud del cielo.

Tutte le enumerate costellazioni, antiche e più o meno recenti, sono riprodotte nelle tavole XXVIII e XXIX, XXXVIII e XXXIX; in queste ultime furono dimenticate solo la Macchina pneumatica e la Bussola.

3. I Greci solevano dare un nome alle stelle più splendenti di ogni costellazione, e le rimanenti indicavano con descrizioni, dicendo la stella nell'impugnatura di Perseo, nella cintura di Orione, nella coda del Leone... In sul principio del secolo decimosettimo Bayer propose la nomenclatura ancora in uso. Si indicano in essa le diverse stelle di ogni costellazione colle lettere minuscole dell'alfabeto greco $\alpha$, $\beta$, $\gamma$... $\omega$, assegnando la $\alpha$ alla stella più splendente e via; esaurite le lettere greche, si ricorre alle minuscole *a, b, c*... dell'alfabeto latino. Pochi nomi o greci od introdotti più tardi sopravvivono, e fra essi i principali sono: *Aldebaran* od $\alpha$ del Toro, *Algol* o $\beta$ di Perseo, *Alioth* od $\varepsilon$ dell'Orsa maggiore, *Antares* od $\alpha$ dello Scorpione, *Arturo* od $\alpha$ di Boote, *Atair* od $\alpha$ dell'Aquila, *Beteigeuse* od $\alpha$ di Orione, *Canopo* od $\alpha$ di Argo, *Capra* od $\alpha$ del Cocchiere, *Castore* od $\alpha$ dei Gemelli, *Cinosura* od $\alpha$ dell'Orsa minore, *Cuore di Carlo* od $\alpha$ dei Cani da caccia, *Deneb* od $\alpha$ del Cigno, *Denebola* o $\beta$ del Leone, *Fomalhaut* od $\alpha$ del Pesce australe, *Gemma* od $\alpha$ della Corona boreale, *Mizar* o $\zeta$ dell'Orsa maggiore, *Polluce* o $\beta$ dei Gemelli, *Procione* od $\alpha$ del Cane minore, *Regolo* od $\alpha$ del Leone, *Righel* o $\beta$ di Orione, *Sirio* od $\alpha$ del Cane maggiore, *Spica* od $\alpha$ della Vergine, *Vega* od $\alpha$ della Lira.

4. Anche la nomenclatura di Bayer sarebbe insufficiente a designare tutte le stelle del cielo. In Astronomia si usa individuare ogni stella per mezzo del tempo a cui essa passa pel meridiano (ascension retta) e per mezzo della sua distanza dall'equatore (declinazione). In ogni osservatorio si hanno orologi, i quali segnano l'ora zero, quando un punto speciale del cielo (equinozio di primavera) passa pel meridiano rispettivo, e sono poi regolati per modo che con essi, al ritorno successivo del punto stesso al meridiano, ritorno che avviene esattamente dopo un'intera rotazione della Terra sul suo asse, si contano 24 ore precise (ore siderali). Stabilita così l'origine dell'enumerazione, è evidente che quando si dice che una stella passa pel meridiano a tante ore, minuti primi, minuti secondi e frazione di secondo, che essa passa inoltre a tal distanza dall'equatore, distanza che ha una relazione immediata colla distanza dallo zenit, la si individua per modo, che non è più possibile, se pur non si commette uno sbaglio, scambiare la medesima con altra stella.

Così con due soli numeri (coordinate stellari) registrati in un libro (catalogo delle stelle) si riesce ad individuare e precisare chiarissimamente le migliaia di stelle del cielo. Una sola cosa turba questo sistema semplicissimo, ed è che l'origine dell'enumerazione, l'equinozio di primavera cioè, non è assolutamente fisso; esso ha nel cielo un piccolo movimento, che obbliga gli astronomi a porre, a lato dei due numeri or ora citati, l'epoca o l'anno al quale essi vogliono essere riferiti.

5. Il diverso splendore delle stelle le ha fatte dividere in classi, chiamate grandezze per ciò che le stelle più splendenti, mandando maggior massa di luce all'occhio, appaiono più grandi. Le stelle visibili ad occhio nudo formano le prime sei grandezze; le telescopiche vanno dalla grandezza 7 alla 16, e si ritengono di sedicesima le ultime stelle visibili soltanto coi più potenti cannocchiali d'oggi giorno.

Si ammette in generale che il numero 2,5119 rappresenta quanto una stella di grandezza determinata splende meno d'una stella di maggior splendore e di grandezza diversa d'una unità, quanto una di quarta splende meno che una di terza, una di sesta meno che una di quinta . . . Nel fatto però gli splendori stellari non si susseguono a gradi regolari e distinti così come questa ipotesi vorrebbe, nè dalle stelle di prima si salta a quelle di seconda, da queste a quelle di terza e via. Gli splendori stellari formano nel loro insieme una serie continua, passano gli uni negli altri per sfumature insensibili, sicchè diventa assai difficile lo stimarli e determinarli con precisione. Una traccia di indeterminazione nei loro valori sussiste pur oggi, malgrado si facciano dipendere da misure pazienti fatte con strumenti speciali, fotometri.

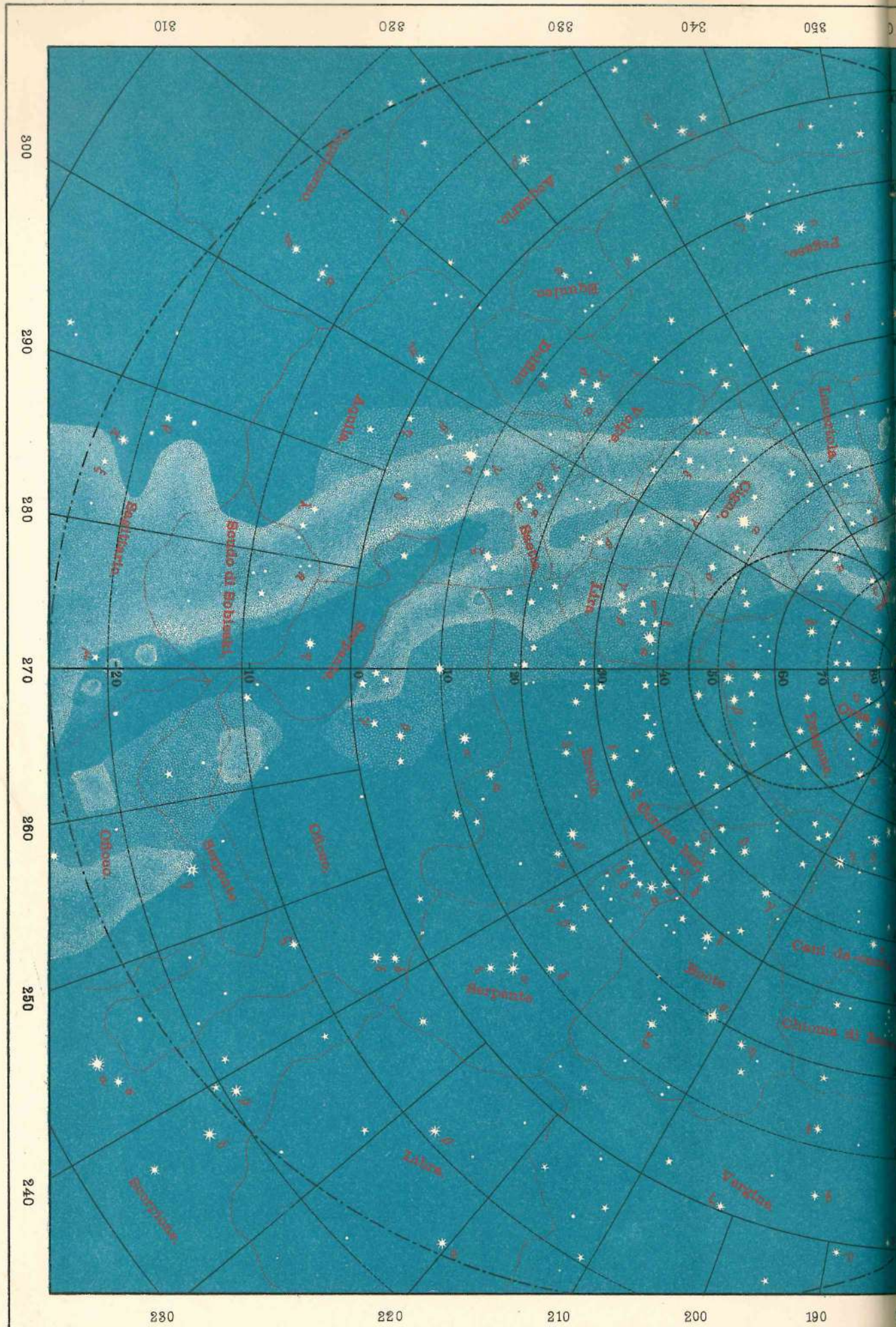
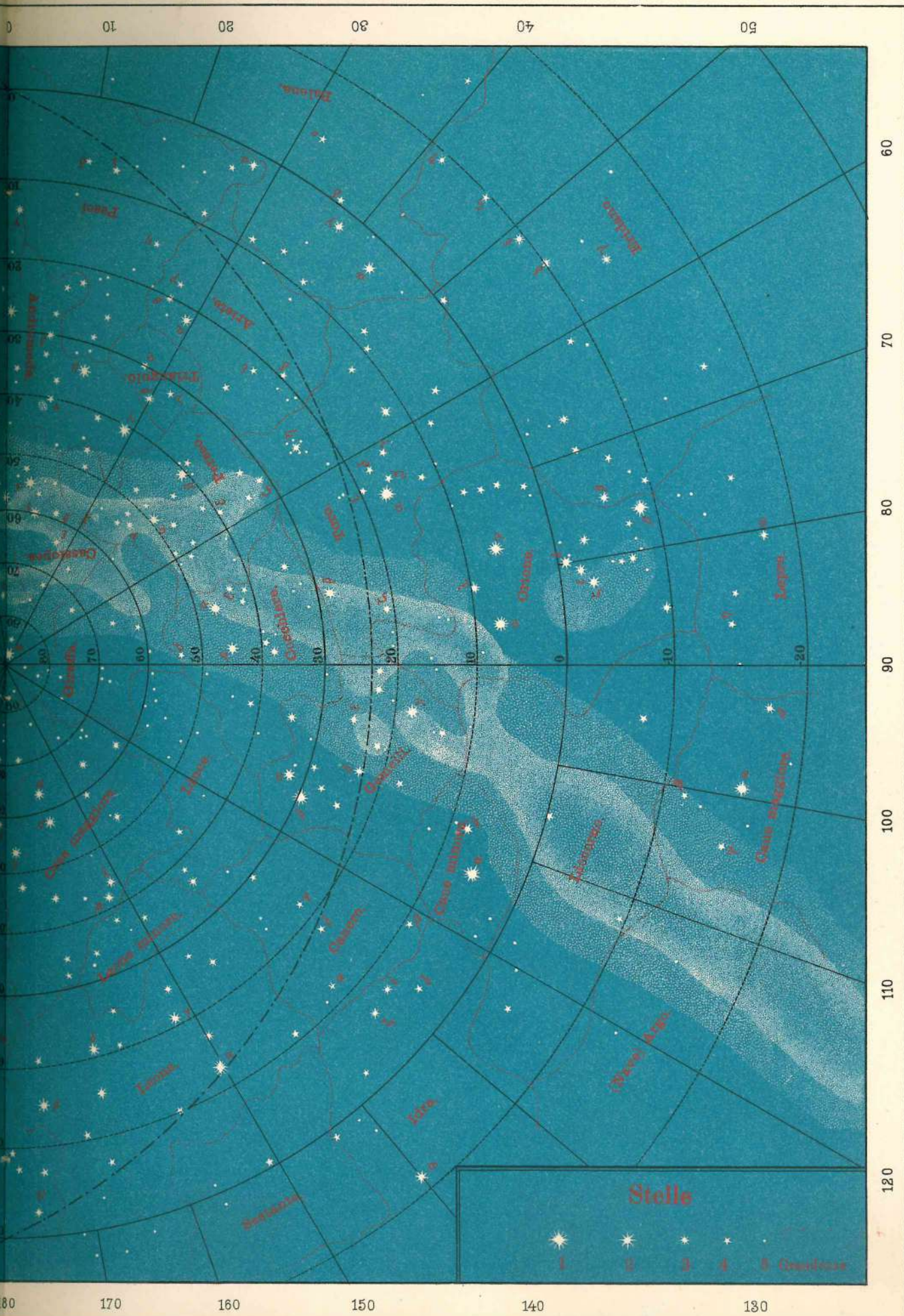
6. Nel cielo si sono contate 20 stelle di prima grandezza, 51 di seconda, 200 di terza, 595 di quarta,

Aquario
Pegaso
Delfino
Aquila
Volpe
Cigno
Lucertola
Sagittario
Scudo di Sobieski
Lira
Ercole
Dragone
Ofiuco
Serpente
Serpente
Boote
Libra
Scorpione
Vergine
Chioma di
Cani da caccia



Cielo

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

boreale.

1213 di quinta, 3640 di sesta, in tutto 5719 stelle visibili ad occhio nudo. V'è qualche incertezza in questi numeri generalmente accettati, ma è un'incertezza che nulla toglie all'importanza delle conseguenze che se ne possono trarre. Evidentemente quanto minore è lo splendore delle stelle, tanto maggiore ne è il numero, e questo è confermato dalle revisioni del cielo fatte coi cannocchiali, attraverso ai quali l'occhio vede le stelle moltiplicarsi quasi come le arene del deserto.

Con un cannocchiale modesto di 70 millimetri di apertura, a cui sia applicato un oculare di piccolo ingrandimento (10), si vedono ancora senza fatica le stelle di nona grandezza, e con un tal cannocchiale si sono contate in cielo 656145 stelle. Guglielmo Herschel col suo telescopio di 18 pollici d'apertura, paragonabile ad uno dei nostri cannocchiali che abbia un obbiettivo di 25 centimetri di diametro, vide le stelle di decimasesta grandezza, le più piccole finora osservate. Egli, errando di plaga in plaga, enumerò qua e là le stelle comprese nel campo di visione del suo telescopio, e con facile calcolo dedusse il numero delle stelle, con esso telescopio visibili, uguale a 20374034. Si tratta di un numero il quale ha un valore solo relativo, perchè ottenuto estendendo a tutto il cielo risultati di enumerazioni fatte in piccola parte di esso, ma, fosse anche notevolmente errato, esso autorizza ad affermare che il numero delle stelle oggi visibili coi nostri cannocchiali sale a decine di milioni, ed autorizza a pensare che ben maggiore è il numero delle stelle esistenti, molte delle quali per insufficienza dei nostri mezzi ottici noi non riesciamo ancora a vedere.

7. In cielo vi sono stelle che passano successivamente per diversi gradi di intensità luminosa (variabili), e che, quando già non hanno un nome od un'indicazione speciale, si convenne designare colle ultime lettere maiuscole dell'alfabeto latino, cominciando da *R*, e col nome della costellazione a cui appartengono. Le variabili, a seconda delle oscillazioni della loro luce, possono dividersi in parecchie classi.

La prima è quella delle stelle temporarie o *nuove*, le quali appaiono subitamente, ed in pochi mesi scompaiono a gradi a gradi. Celebri sono le *nuove* del 1572 e del 1604, recenti sono le apparse nel 1848, nel 1866, nel 1876, nel 1885.

La seconda, la più numerosa, abbraccia le stelle che passano da uno splendore massimo ad uno minimo in un periodo oscillante fra 6 mesi e 2 anni; presentano differenze di splendore grandi; non tutti i massimi e i minimi di luce pei quali passano sono uguali fra loro; non sempre la durata del loro periodo è costante. Sono caratteristiche in questa classe le stelle $o$ della Balena (Mira Ceti) e $\chi$ del Cigno.

Nella terza stanno le stelle il cui splendore è soggetto a lievi mutazioni in apparenza irregolari; esempi di questa classe si hanno nelle $\alpha$ di Orione ed $\alpha$ di Cassiopea.

Vi sono stelle, quali ad esempio $\beta$ della Lira e $\delta$ di Cefeo, che cambiano continuamente; nel corso di pochi giorni passano per una serie non interrotta di splendori diversi, serie che ripetesi poi esattamente e regolarmente. Queste stelle formano una quarta classe di variabili.

La quinta classe infine comprende alcune stelle le quali mantengono, durante la più gran parte del tempo, invariato il loro splendore, ma ad intervalli regolari perdono poi in poche ore quasi intieramente la loro luce, e con uguale rapidità la riacquistano. Passano per queste rapide variazioni di splendore a periodi così determinati, che in parecchi casi se ne può fissare l'istante entro una frazione di secondo. La più caratteristica fra le stelle di questa classe è Algol o $\beta$ di Perseo; ad essa appartengono pure $\delta$ del Cancro e $\delta$ della Libra.

A spiegare sì grande varietà di fenomeni, teorie diverse furono immaginate, ma forse non è una sola la causa che li produce, forse è più logico pensare che ad ogni classe di variabili corrispondono una o più cause speciali di perturbazione dello splendore.

Ammettono alcuni che l'eruzione e l'incendio di una potente massa di idrogeno portino rapidamente la stella, in cui avvengono, ad un altissimo grado di calore e splendore, cui essa, raffreddando, perde in seguito a poco a poco. Se vera, questa ipotesi spiegherebbe solo le stelle temporarie.

È certo che stelle costituite come il Sole, e nelle quali le macchie si svolgessero in più vaste proporzioni, dovrebbero presentare notevoli cambiamenti di splendore. Non sarebbe facile dare in questo modo ragione delle variabili della seconda e dell'altre classi, ma quelle della terza ne vanno naturalissimamente spiegate.

È assai diffusa l'ipotesi la quale spiega le variabili, supponendo che le parti diverse della loro superficie sieno diversamente splendenti, e rivolgansi successivamente alla Terra portate dalla rotazione delle stelle intorno al proprio asse. Anche di questa ipotesi può dirsi che, se vera, spiegherebbe solo le variabili della classe quarta.

Rimangono le variabili della quinta classe. Le si spiegano per mezzo di un corpo oscuro o satellite della stella, il quale, portato dal proprio movimento intorno alla stella, passa a periodi determinati fra la stella e la Terra (paragrafo 12).

8. Vi sono in cielo stelle rosseggianti come Aldebaran, Antares, Arturo, Polluce; ve ne sono di biancheggianti, Sirio e Vega ad esempio, di gialle, di aranciate, di azzurre, di verdi. La tavola XXX e il disegno in basso a destra della tavola XXXI dànno di queste stelle colorate alcuni esemplari pieni di gaiezza e leggiadria. Il color verde, l'azzurro sono però eccezioni; la più gran parte delle stelle hanno colori che si lasciano classificare per mezzo di una scala cromatica, la quale comincia dal bianco puro, passa per tutte le gradazioni del giallo e finisce nel rosso. Non pare che esistano stelle di color bianco

puro o di color rosso puro; nelle ritenute bianche v'è una traccia di giallo; le rosseggianti sono d'un color giallo intenso tendente più o meno al rosso: il vero rosso del carminio, il rosso della riga *C* dello spettro disegnato nella tavola III non s'incontra in alcuna stella. Se nella scala dei colori più su accennata si pone il bianco puro uguale a zero, si indica col numero 4 il giallo puro, col 6 il giallo intenso proprio dell'oro, col 10 il rosso spoglio da ogni miscela di giallo, tutte le stelle rosse vengono rappresentate da numeri compresi fra 6,5 e 9.

Fu da alcuni osservato che in qualche stella, γ del Centauro ad esempio, il colore varia, ma questo fatto, che sarebbe importantissimo, non è ancora ben certo. Sventuratamente nell'argomento dei colori stellari c'è una parte che dipende dalle attitudini fisiologiche dell'osservatore, e qualche differenza si riscontra inoltre nelle classificazioni fatte da uno stesso osservatore con cannocchiali di diversa potenza. È un argomento che da poco tempo si studia, e nel quale non si procede ancora col rigore e colla sicurezza propria delle osservazioni astronomiche.

9. Chiamansi doppie due stelle lontane pochi secondi d'arco, che confondono i loro raggi luminosi in quelli d'una stella unica, cui solo cannocchiali forti con oculari di ingrandimento opportuno riescono a scindere, a sdoppiare. Non sono due stelle proiettate dall'occhio dell'osservatore in punti vicinissimi del fondo del cielo, nel qual caso la loro multiplicità non sarebbe che relativa ed apparente, ma sono un vero sistema di due stelle che si aggirano l'una intorno all'altra, o, ciò che torna lo stesso, intorno al loro centro di gravità comune. Castore, Cuore di Carlo, Righel, ε di Boote, η e σ di Cassiopea, β del Cigno sono altrettante doppie, riprodotte, così come appaiono in un cannocchiale, nella tavola XXX.

Qualche volta sono tre le stelle (triple) che si aggirano intorno al comun centro di gravità; triple nella tavola XXX sono π del Liocorno, Ψ e ι di Cassiopea, γ di Andromeda, ζ del Cancro per isbaglio nella tavola detta σ. Non di rado due stelle doppie stanno tanto vicine che appaiono insieme nel campo di visione del cannocchiale, con in mezzo parecchie stelline; tali sono $\varepsilon_1$ ed $\varepsilon_2$ della Lira (tavola XXX). Qualche volta s'incontrano stelle che un cannocchiale potente risolve in diverse stelline così prossime e così aggruppate, che difficilmente si può immaginare non abbiano una connessione fisica e non formino un sistema. Sono le così dette multiple, e tali sono le sei stelle (tav. XXX) nelle quali si risolve il trapezio che vedesi (tav. XXXIV) nella parte più lucida della nebulosa di Orione. Interessante, sotto questo punto di vista, è la stella Mizar o ζ dell'Orsa maggiore (tav. XXVIII-XXIX): vicino ad essa già ad occhio nudo vedesi una stella di quinta grandezza, Alcor (tav. XXVIII-XXIX), ma in un cannocchiale, Mizar stessa si sdoppia (tavola XXX) e fra essa ed Alcor appaiono parecchie stelline.

Le colorazioni più rimarchevoli ed i contrasti più curiosi di colore vengono in cielo mostrati dalle stelle multiple (tav. XXX). Se le componenti hanno grandezze uguali o poco diverse, hanno in generale lo stesso colore, o bianco o giallo; se le grandezze loro sono notevolmente diverse, la componente maggiore, poche eccezioni fatte, ha colore meno rifrangibile che va dal giallo al rosso, le componenti minori hanno colori più rifrangibili che vanno dall'azzurro al violetto.

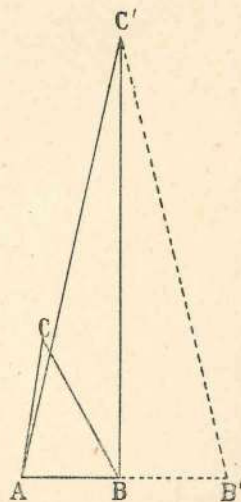
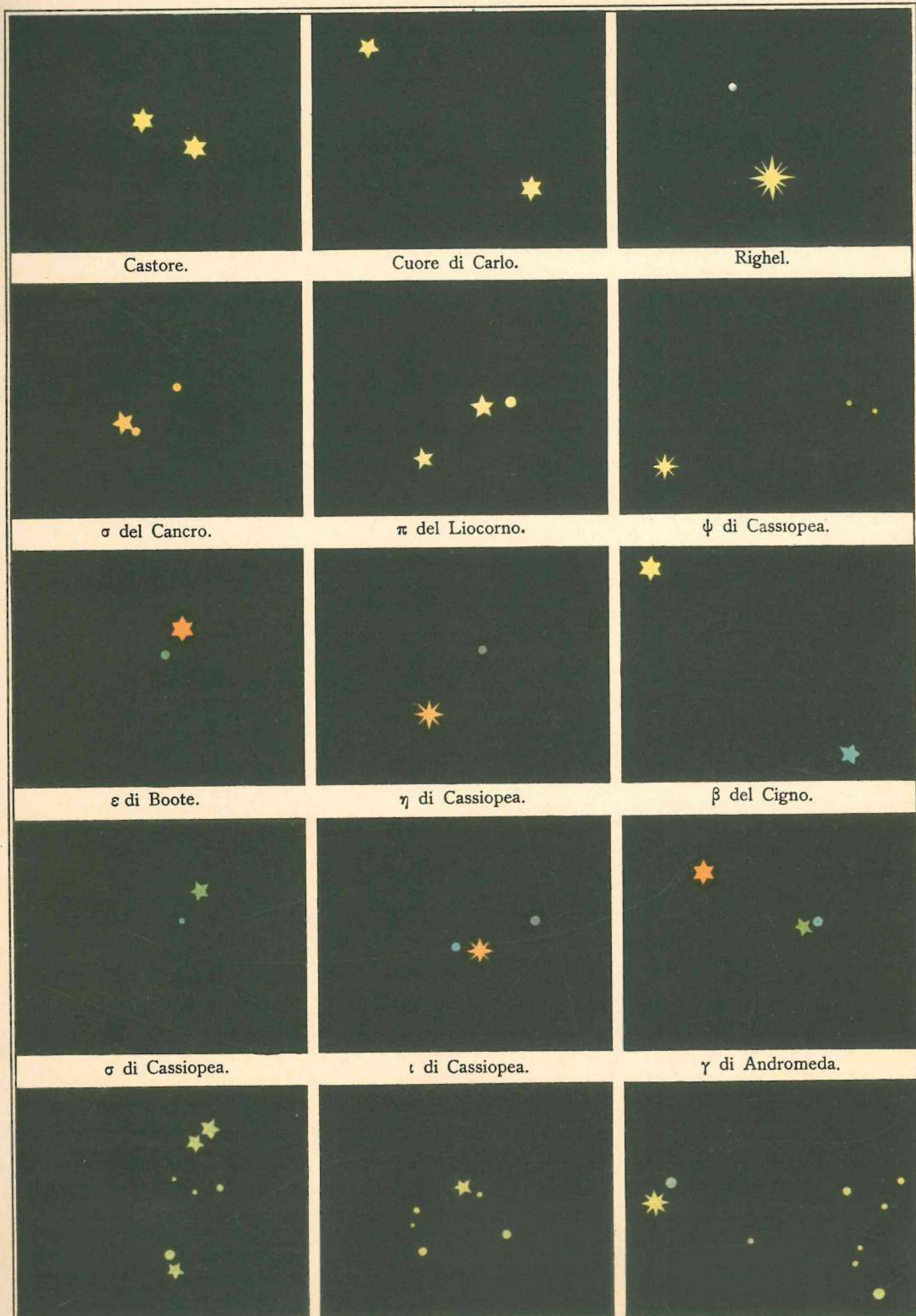
Nella storia dell'Astronomia le stelle multiple segnano uno splendido progresso; per esse fu dimostrato che la legge dell'attrazione delle masse, alla quale tutto obbedisce nel Sistema del Sole, regge ancora i corpi disseminati nelle profondità dello spazio universo, e per esse fu possibile pensare con sicuro fondamento a più stelle, le quali si aggirano intorno ad un centro comune, così come in uno spazio più ristretto fanno i pianeti ed il Sole.

Quanti scrissero popolarmente di scienza, si arrestarono con singolare compiacimento a questo argomento delle stelle multiple. Se ogni stella è un sole, se ogni sole è centro di un sistema di pianeti, le doppie ci rivelano mondi, che alla fantasia appaiono incantevoli. Se esiste un pianeta che si rivolge intorno ad una doppia, il giorno e la notte, i fenomeni tutti, che presso noi si succedono senza posa a periodi determinati, devono su di esso avvenire in modo diversissimo, quale appena possiamo immaginare. Tramontato uno dei soli, potrebbe l'altro essere ancora vicino al meridiano; uno dei soli potrebbe essere già alto sull'orizzonte ed il secondo sorgere appena; potrebbe il giorno di quel pianeta essere la luce di due soli riuniti, la notte essere la luce di uno solo di essi; potrebbe alla luce dei due soli succedere prima quella di uno solo poi le tenebre; che se il pianeta, invece che intorno ad una stella doppia, si rivolgesse intorno ad una tripla o ad una multipla, giorno e notte, aurore e vesperi, luce e tenebre, tutto assumerebbe forme nuove e diverse, aspetti strani e infinitamente varii. Le multiple inoltre sono in generale colorate. Ora chi può dire gli effetti di questi soli colorati, i contrasti di luce che essi possono produrre su un pianeta che intorno ad essi si aggiri? Vi è da immaginare in proposito spettacoli imponenti, vi è da inventare narrazioni piene di incanto e di seduzione, vi è di che pascere la fantasia di un romanziere e quella di un pittore insieme riunite.

Fig. 7.

10. La distanza di un punto inaccessibile *C* (fig. 7) da un punto *A* oppure da un punto *B* si può ottenere facendo stazione in *A* e misurando l'angolo *CAB*, facendo stazione in *B* e misurandovi l'angolo *CBA*. Sarà l'angolo in *C* uguale alla differenza fra 180 gradi

Atlante Astronomico. ULRICO HOEPLI, Editore in MILANO.

Stelle doppie ε ed ε della Lira. Trapezio nella nebulosa di Orione. Mizar ed Alcor.

e la somma degli angoli misurati in $A$ e in $B$, e, posto che si conosca la lunghezza di $AB$, si avrà nel triangolo $ABC$ quanto basta per dedurre col calcolo la distanza $CA$ oppure la $CB$. Quanto piu queste distanze $CA$, $CB$ sono grandi rispetto alla $AB$ tanto più piccolo riesce l'angolo in $C$, e l'angolo $AC'B$ è difatti più piccolo dell'angolo $ACB$. Se il punto $C'$ si immagina trasportato a distanza infinitamente grande rispetto ad $AB$, i lati $AC'$, $BC'$ diventano paralleli, l'angolo in $C'$ diventa nullo e le distanze $C'A$, $C'B$ impossibili a determinare; in tal caso a determinare le distanze di $C'$ bisogna poter aumentare la lunghezza $AB$ di quanto è necessario, portando il punto $B$ in un altro $B'$.

Ciò posto, supponga il lettore che in $C$ vi sia una stella e in $C'$ un'altra, supponga che in $A$ si trovi in un dato istante la Terra, e che $AB$ giaccia nel piano dell'eclittica e coincida con un diametro dell'orbita terrestre. Sarà possibile, stando in $A$, misurare gli angoli $CAB$, $C'AB$. Trascorsi sei mesi, la Terra, portata dal suo moto proprio, si troverà in $B$, punto diametralmente opposto ad $A$, e la distanza $AB$, diametro dell'orbita terrestre, sarà nota ed uguale a 298 milioni di chilometri circa. Sarà possibile, stando in $B$, misurare gli angoli $CBA$ e $C'BA$, e sarà del pari possibile, risolvendo i due triangoli $ABC$ e $ABC'$, dedurre le distanze delle due stelle in $C$ ed in $C'$ dai punti $A$ e $B$ ossia dalla Terra.

Determinare la distanza di una stella dalla Terra non è quindi problema intrinsecamente e matematicamente difficile. La difficoltà sua dipende da ciò, che, essendo le distanze delle stelle molto grandi rispetto al diametro dell'orbita terrestre, l'angolo in $C$ od in $C'$ diventa piccolissimo e molto difficile a determinare con precisione per mezzo delle misure fatte in $A$ ed in $B$. L'angolo in $C$, ossia l'angolo sotto cui dalla stella si vedrebbe il diametro dell'orbita terrestre, è doppio dell'angolo che chiamasi parallasse annua della stella, e poichè questo è intimamente collegato colla distanza della stella dalla Terra, lo si prende talora per sinonimo della distanza stessa. È un angolo che per la sua piccolezza sfuggì alle ricerche più insistenti degli astronomi del decimottavo secolo ancora, che solo a partire dal 1836 si riuscì a determinare per mezzo di misure micrometriche dirette, e che da qualche anno si determina con successo per mezzo dell'ispezione microscopica delle fotografie di uno stesso gruppo di stelle ottenute a sei mesi di intervallo.

La parallasse annua delle stelle è sempre minore di un secondo d'arco; per una sola stella sale a 0",9; per pochissime oscilla intorno al mezzo secondo, e per la più gran parte riesce o inferiore o di poco superiore al decimo di secondo, o nulla. Nel seguente quadro numerico son raccolti i risultati finora ottenuti intorno alle parallassi stellari, degni di qualche fiducia; in esso, a fianco d'ogni stella, è scritto prima il valore della sua parallasse annua, poi in una seconda e in una terza colonna la distanza della stella dalla Terra espressa rispettivamente in raggi medii dell'orbita terrestre, e nel numero d'anni che la luce impiega a venire dalla stella a noi.

| | " | r | a |
|---|---|---|---|
| α del Centauro . . . . . . | 0,928 | 222300 | 3,5 |
| 61 del Cigno . . . . . . . | 0,553 | 373300 | 5,9 |
| 21185 di Lalande. . . . . | 0,501 | 411700 | 6,5 |
| β del Centauro . . . . . . | 0,470 | 439100 | 6,9 |
| 34 di Groombridge . . . . | 0,307 | 671900 | 10,6 |
| Capra. . . . . . . . . . . . | 0,305 | 676300 | 10,7 |
| σ del Dragone. . . . . . . | 0,246 | 838500 | 13,2 |
| Sirio . . . . . . . . . . . . | 0,193 | 1069000 | 16,9 |
| α della Lira . . . . . . . . | 0,180 | 1146000 | 18,0 |
| 70 di Ofioco . . . . . . . . | 0,162 | 1273000 | 20,1 |
| η di Cassiopea . . . . . . | 0,154 | 1339000 | 21,1 |
| Procione . . . . . . . . . . | 0,123 | 1677000 | 26,5 |
| 1830 di Groombridge. . . | 0,118 | 1748000 | 27,6 |
| α dell'Orsa minore . . . . | 0,091 | 2267000 | 35,7 |

Dei numeri nella terza colonna la nostra mente non può formarsi concetto concreto; meglio è fermarsi un momento su quelli della colonna quarta. La luce impiega 3 anni e mezzo per venire a noi dalla stella più vicina, nè arriva alla Terra dalla ben nota Polare, α dell'Orsa minore, in meno di 35 anni. Eppure la luce in un minuto secondo di tempo medio percorre 300400 chilometri, in 8 minuti e 17,78 secondi attraversa la media distanza che separa la Terra dal Sole, in 4 ore e 10 minuti ci arriva dal pianeta Nettuno, in meno di 8 ore e mezza attraversa lo spazio planetario ora conosciuto. Sono numeri, che dànno delle distanze stellari e delle dimensioni dell'Universo un concetto sbalorditivo.

Noi vediamo un oggetto quando la luce, che da esso emana, arriva al nostro occhio. I nostri concetti quindi sulle stelle e sugli astri in generale si riferiscono al presente solo in apparenza. Noi vediamo il firmamento quale fu, non quale è. Il raggio di luce che annunzia al nostro occhio una stella si riferisce ad un momento, ad uno stato dell'astro ben anteriore all'istante in cui noi ne riceviamo l'impressione. Tutti i fenomeni celesti da noi in un dato istante osservati non sono simultanei che in apparenza; in realtà appartengono ad epoche diverse ed anteriori a quelle in cui i fenomeni luminosi a noi li annunziano; sono quasi voci del passato il cui eco dalle plaghe più profonde dello spazio arriva fino alla Terra.

11. Ogni stella è determinata dalla sua ascension retta e dalla sua declinazione (paragrafo 4). Il punto da cui si parte per contare le coordinate delle stelle (origine delle coordinate od equinozio di primavera) si muove in cielo, e questo suo moto (precessione) si sa calcolare. Data quindi una stella fissa nello spazio, se si paragonano le coordinate sue osservate in due epoche lontane, si deve trovare fra esse solo quella differenza, che è prodotta dallo spostamento del punto di origine avvenuto fra l'una e l'altra epoca. Nel fatto per molte stelle questo non suc-

cede; per molte stelle avviene anzi che lo spostamento dell'equinozio non basta a spiegare tutta la differenza, che si riscontra nelle rispettive ascensioni rette e declinazioni osservate a lunghi intervalli di tempo. Forza è conchiudere che negli stessi intervalli di tempo le stelle in questione hanno cambiato il loro posto nello spazio, e ritenere che la parte della accennata differenza, la quale rimane inesplicata dallo spostamento dell'equinozio, misura appunto di quanto le stelle stesse si sono realmente mosse. La differenza delle ascensioni rette, che rimane inesplicata, rappresenta il moto proprio della stella in ascension retta; la differenza inesplicata delle declinazioni rappresenta il moto proprio della stella in declinazione, e questi due moti, insieme composti, dànno il moto proprio della stella nella direzione della perpendicolare alla visuale, secondo cui la vediamo.

I moti proprii delle stelle sono in apparenza molto piccoli, e a ciò produrre contribuisce certo la grande distanza che separa le stelle dalla Terra. Due o tre stelle soltanto, fra le conosciute, hanno un moto proprio relativamente grande, e ciò non ostante esse impiegano 300 anni a spostarsi in cielo d'un tratto uguale al diametro apparente della Luna. Sono poche le stelle il cui moto proprio superi in un secolo 10 secondi d'arco; la più gran parte o hanno un moto proprio minore, o ne hanno uno finora non avvertito; stelle che in un secolo si muovono apparentemente in cielo di 10 secondi, impiegano 18000 anni a spostarsi di un mezzo grado, quanto all'incirca è appunto il diametro apparente lunare. Si capisce che, con moti proprii apparenti di tal natura, le stelle in migliaia d'anni non debbano mutar sensibilmente le loro posizioni reciproche, nè le configurazioni loro apparentemente modificarsi; si capisce che moti tanto piccoli, a scoprire i quali si riuscì solo tardi e con perfezionati metodi d'osservazione, abbiano sempre permesso di dare alle stelle il nome di fisse.

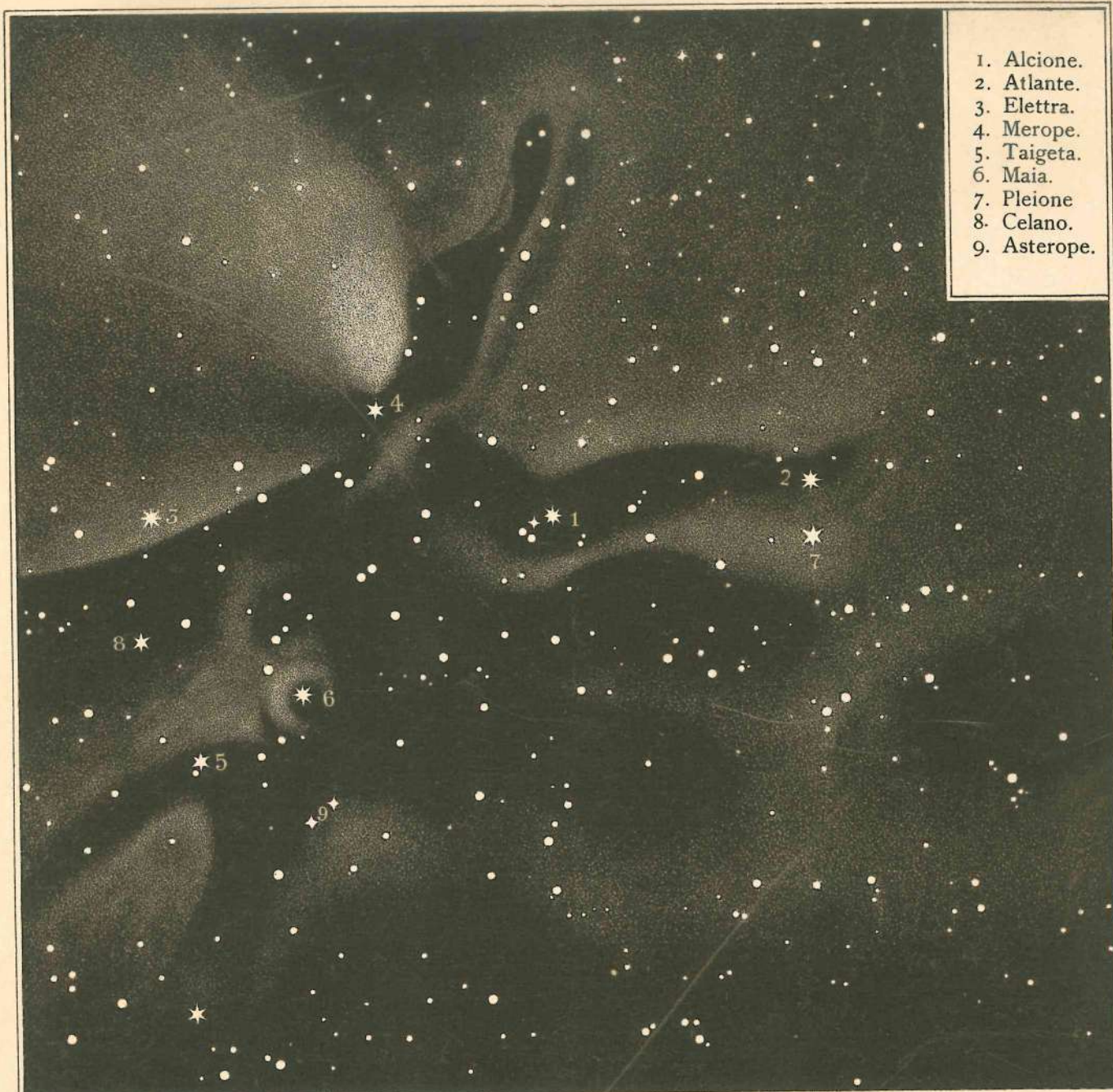
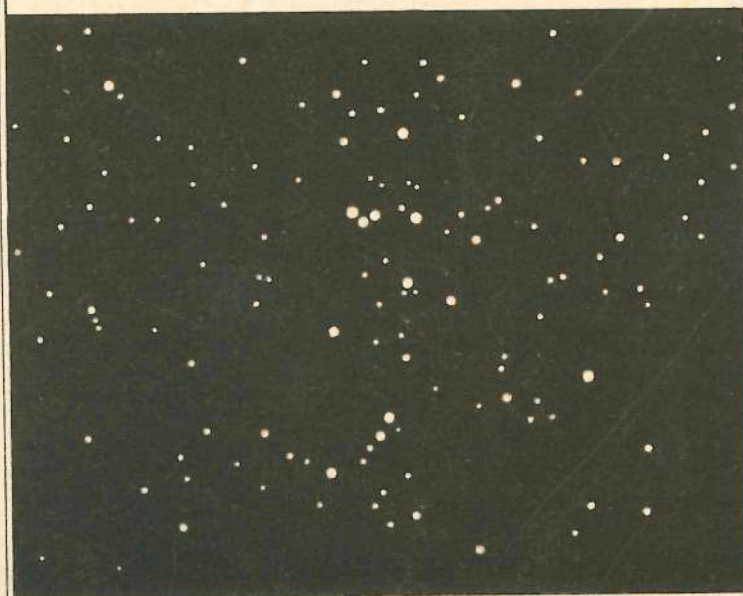
12. Il moto proprio in ascension retta e in declinazione, in quanto rappresenta il moto che si compie in una direzione perpendicolare alla visuale che va dalla Terra alla stella, non rappresenta tutto il moto di questa. Evidentemente la stella può muoversi ancora nel verso della visuale secondo cui la si vede, e questo moto, che non cambia il punto del cielo nel quale la stella vien proiettata, si indaga ora per mezzo di osservazioni spettroscopiche.

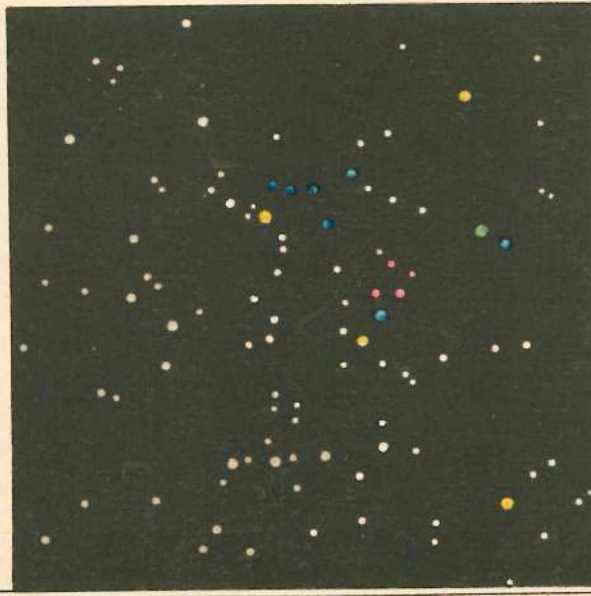
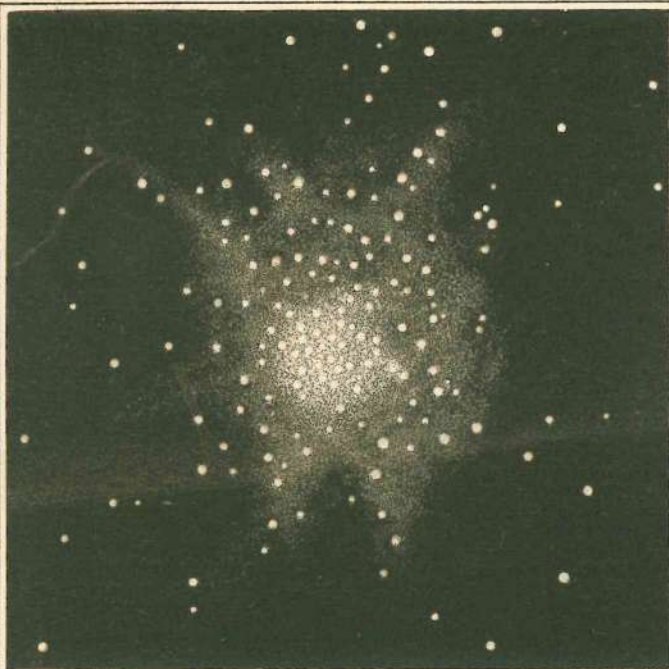
L'altezza di un suono cambia, se il corpo sonoro rapidamente si avvicina o si allontana dall'orecchio. Per ragioni analoghe, le righe dello spettro di un corpo luminoso si spostano verso l'uno o verso l'altro lato, se il corpo luminoso si allontana o si avvicina rapidamente allo spettroscopio. Si tratta di spostamenti piccolissimi, uguali a frazioni minime di millimetro, difficili a misurare direttamente con sicurezza, e che ora meglio si determinano sulle fotografie che degli spettri luminosi si sanno ottenere.

Studiando gli spettri delle stelle, e in essi indagando gli spostamenti verso destra o verso sinistra, rispetto ad una posizione media determinata, di alcune delle righe più distinte, si riescì a risultati molto importanti. Si riuscì a dimostrare che alcune stelle, come Sirio, Righel, Procione, Aldebaran, si allontanano dalla Terra, che altre, come Arturo, Polluce, Vega, si avvicinano, e che per ogni stella, i moti nel verso della visuale sono diversamente veloci. Si riuscì a dimostrare che la variabile Algol (paragrafo 7), mentre sta perdendo la propria luce, si allontana da noi, e a noi tosto dopo prende ad avvicinarsi; si riuscì a determinare la velocità di questo moto, ed a provare che la stella si rivolge intorno ad un corpo oscuro, o meglio che essa e questo corpo si rivolgono intorno al loro centro di gravità, dando così origine alle strane e regolari variazioni di luce da tempo osservate in Algol.

13. Le stelle non sono fisse, ma hanno moti proprii in ascension retta, in declinazione e nel verso della visuale secondo cui le vediamo. Questi moti proprii e reali delle stelle non vanno confusi con un altro moto che è sistematico, e a cui, sebbene in grado diverso, tutte le stelle indistintamente obbediscono. Vi è una regione del cielo nella quale tutte le stelle, in essa esistenti, apparentemente si vanno allontanando fra loro; nella regione ad essa opposta tutte le stelle paiono andare avvicinandosi; per gradi insensibili si passa dall'una all'altra delle due regioni, si passa cioè prima attraverso a stelle che apparentemente si vanno allontanando sempre meno e meno fra loro, poi attraverso ad altre che apparentemente nè si allontanano nè si avvicinano, infine attraverso a stelle che più e più si vanno avvicinando.

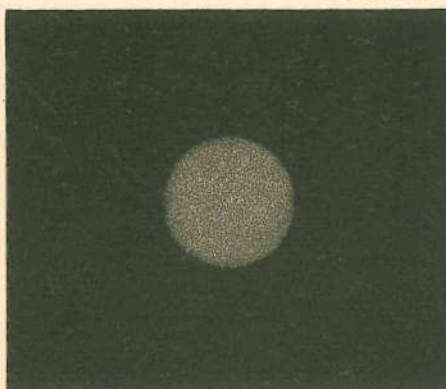
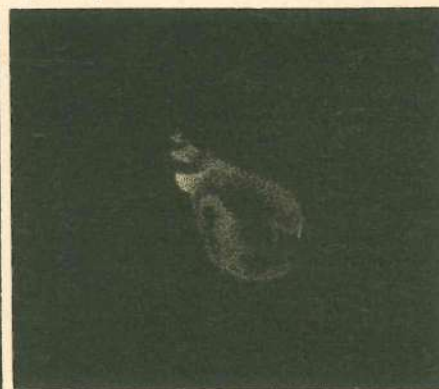
Un tal insieme di moti sistematici si spiega subito, se si ammette che il Sole e, con esso, la Terra e tutti i pianeti si muovano, di conserva e d'un identico moto di traslazione, attraverso allo spazio. Nulla si oppone ad ammettere questo moto di traslazione: esso non turba i movimenti orbitali del Sistema solare; esso non è che un moto proprio della stella Sole, analogo a quelli notati in tante altre stelle; esso è appunto quel moto, a cui si accennò in uno dei capitoli precedenti (cap. IV, par. 12). Ammesso questo moto di traslazione del Sole e de' suoi pianeti, è chiaro che le stelle nella plaga del cielo, verso cui il Sole è diretto, devono, per semplice ragione di prospettiva, apparentemente andare allontanandosi fra loro, che devono invece parer più e più avvicinarsi le stelle nella plaga opposta, dalla quale il Sole si allontana, ed è chiaro ancora che da questo apparente allontanarsi ed avvicinarsi delle stelle si deve poter dedurre la direzione del moto, che ne è la causa. Il Sole si muove infatti verso un punto del cielo boreale situato nella costellazione di Ercole.

14. Quando si studiano i moti proprii delle stelle, si spogliano anzitutto della parte, la quale è solo apparente, e dipende dal moto proprio del Sole. I moti residui e veramente proprii delle stelle non sono tutti uniformi. Alcune stelle, Sirio e Procione fra le altre, mutano da tempo a tempo il loro moto

Atlante Astronomico.
ULRICO HOEPLI, Editore in MILANO.

Presepe del Cancro.

Gemma, cumulo intorno a $\varkappa$ della Croce.

Cumulo di stelle in Ercole visto con un debole e con un fortissimo cannocchiale.

Nebulosa.

Nebulose stellari.

Gruppo di nebulose.

Nebulosa planetaria.

Nebulosa a ventaglio.

Nebulose fusiformi.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

in intensità ed in direzione, mostrando così un moto proprio variabile. Questa mutabilità del moto proprio di una stella, quando non è prodotta da un'altra stella che gravita intorno ad essa, lo è da un corpo oscuro, la cui esistenza l'osservazione e il calcolo insieme uniti riescono a dimostrare. Non solo esistono stelle doppie e multiple, ma esistono stelle intorno a cui corpi oscuri si aggirano, così come avviene intorno al Sole. Procione, Algol sono fra esse.

Se il Sole è una stella, se le stelle sono altrettanti soli (paragrafo 16), non v'è ragione per negare che ogni stella possa essere il centro di un Sistema analogo al solare, e che attorno ad ogni stella si muovano dei pianeti. Così a poco a poco, con procedimenti in apparenza pedestri, colla sola scorta dei fatti rigorosamente osservati, la mente sale a concetti sempre più vasti dell'Universo, e quali la fantasia appena oserebbe concepire.

Si è creduto che, eliminata dai moti proprii delle stelle la componente dovuta al moto di traslazione del Sistema solare, non rimanesse nei medesimi e nelle loro direzioni legge alcuna determinata. Ciò non è. Nei movimenti proprii delle stelle del Toro v'è una comunanza di direzione sorprendente; le stelle dei Gemelli e del Cancro hanno tutte un moto proprio comune verso sud-est; le stelle del Leone mostrano una tendenza marcata a muoversi verso il Cancro; delle sette stelle dell'Orsa maggiore, cinque, $\beta$-.-$\delta$-$\varepsilon$-$\zeta$, si muovono in una stessa direzione, due, $\alpha$-$\eta$, nella direzione opposta; le stelle $\beta$ e $\gamma$ di Ariete hanno moti proprii di identica direzione.

Non è improbabile che queste stelle, le quali presentano un moto proprio comune quale fu descritto, formino un Sistema speciale, fisicamente connesso. Sarebbero sistemi analoghi a quelli delle multiple, ma ben più vasti e più complessi. Non si sono ancora abbastanza osservati i moti proprii delle stelle, perchè sia possibile fare sopra di essi indagini che abbiano probabilità di successo sicuro, irresistibile; certo è però, che in questi moti proprii sistematici di alcune stelle, e che nei grandi moti proprii di altre stelle, le quali si muovono attraverso allo spazio con velocità assolute enormi e senza visibile corpo attraente vicino, c'è per l'Astronomia un grande campo di scoperte avvenire.

15. La Terra ruota intorno al proprio asse, e questo moto suo produce il moto sincrono apparente della volta celeste intorno ad un asse, che è sul prolungamento dell'asse di rotazione terrestre, e che ferisce il cielo in due punti diametralmente opposti (poli celesti). Vicino al polo boreale c'è una stella notevole, Cinosura od $\alpha$ dell'Orsa minore, di seconda grandezza, detta per antonomasia la Polare.

La Terra, mentre ruota intorno a sè, rivolgesi attorno al Sole, e, trasportandosi essa nello spazio, il suo asse di rotazione si mantiene costantemente parallelo a sè medesimo. Questo fatto, unito all'altro che le stelle sono ad una distanza infinitamente grande rispetto al diametro dell'orbita terrestre, fa sì che, durante un anno, il punto, in cui il prolungamento dell'asse di rotazione terrestre va a ferire il cielo, non ha moto apparente sensibile fra le stelle.

La meccanica insegna però, e la scienza popolare non lo può, che l'asse di rotazione della Terra ha un lento moto conico intorno ad una retta perpendicolare al piano dell'eclittica, moto lentissimo e che si compie in 26000 anni. Ne segue che il punto, in cui l'asse di rotazione della Terra prolungato ferisce il cielo, lentamente si muove pur esso intorno ad un punto (polo dell'eclittica) come intorno a centro, e lentamente cambia di posizione fra le stelle. È un fatto verificato dall'osservazione, e nelle tav. XXVIII-XXIX, XXXVIII-XXXIX si è appunto con un punteggiato circolo, eccentrico ai rimanenti, segnata la via che il polo celeste percorre fra le stelle. La Polare d'oggigiorno, distante dal polo celeste boreale meno di un grado e mezzo, ai tempi di Ipparco e di Tolomeo (quasi 2000 anni fa) era molto lontana dal polo, e tornerà ad esserne lontana nei tempi avvenire. Col tempo diventeranno polari, l'una dopo l'altra, le stelle più splendenti di Cefeo, lo diventerà più tardi Deneb od $\alpha$ del Cigno, e in capo a 13000 anni Vega od $\alpha$ della Lira.

Cambiando la posizione del polo in cielo, cambia naturalmente anche la distanza delle stelle dal polo, e poichè da questa distanza (cap. III par. 1) dipende che una data stella sorga o non sopra un orizzonte dato, ne segue che alcune stelle invisibili per un luogo della Terra vi diventano col tempo visibili, e viceversa. La Croce del Sud, ai tempi dei Greci e dei Romani, era visibile per gli orizzonti dell'Europa meridionale; ora vi è invisibile; fra 11000 anni ridiventerà visibile.

> . . . . . . . . . . . . . . . e posi mente
> all'altro polo, e vidi quattro stelle
> non viste mai fuor ch'alla prima gente.

16. Le stelle dànno, come il Sole, uno spettro luminoso solcato da righe oscure. Nella loro costituzione essenzialmente non differiscono quindi dal Sole; le stelle sono altrettanti soli.

Già nel capitolo I (parag. 3) furono abbozzati i principii precipui della Spettroscopia. Là si disse che i vapori incandescenti di un metallo producono uno spettro oscuro solcato da righe lucide e colorate, e che lo spettro del Sole è invece luminoso e solcato da righe oscure. Qui giova aggiungere questi due fatti.

Qualche volta le righe lucide e colorate dello spettro dei metalli, invece che sottili, appaiono sensibilmente larghe, ed in tal caso non hanno una tinta uniforme in tutta la loro larghezza, ma, intensamente colorate sopra uno dei lati, van via via sfumando e prendendo una tinta sempre meno intensa, fino ad apparire sul lato opposto debolissimamente colorate; si dice in questo caso che lo spettro è solcato da scanalature lucide.

In alcuni spettri stellari le righe oscure appaiono

non più sottili, ma sensibilmente larghe, non più uniformemente oscure in tutta la loro ampiezza, ma oscure su un fianco, sfumate sul fianco opposto; prendono allora il nome di scanalature oscure o d'assorbimento, nome suggerito ai primi osservatori dal loro aspetto stesso.

Negli spettri delle diverse sorgenti di luce si hanno, a seconda dei casi, righe o scanalature lucide e colorate, righe o scanalature oscure e d'assorbimento.

Ciò posto, tutti gli spettri stellari, pochissime eccezioni fatte, possono ridursi a quattro tipi principali.

Il primo tipo è uno spettro formato dalla successione quasi continua dei sette colori ordinarii dell'iride, e solcato da poche righe oscure, alcune delle quali più forti ed intense (tav. XXXVII fig. 1). Le stelle che producono questo tipo di spettro, sono o bianche o azzurrognole.

Il secondo tipo è uno spettro del primo non meno luminoso, ma solcato trasversalmente da righe oscure, numerose, sottili e occupanti le stesse posizioni che quelle dello spettro solare. È uno spettro perfettamente simile a quello del Sole (tav. XXXVII, fig. 2), ed è prodotto dalle stelle gialle.

Il terzo tipo è prodotto dalle stelle ranciate e rosseggianti. È uno spettro nel quale le diverse bande colorate sono solcate, in alcuni punti da righe nere sottili, in altri da righe larghe, o scanalature, oscure dalla parte verso il violetto, sfumate da quella verso il rosso. Nel suo insieme questo spettro si presenta come una colonna scanalata veduta di prospetto (tavola XXXVII, fig. 3).

Il quarto tipo è il più bizzarro e vario: è formato da bande luminose interpolate da bande oscure, e nel suo insieme presenta esso pure, come il terzo, l'aspetto di colonna scanalata, ma in ciò si distingue nettamente dal terzo, che in esso mancano righe sottili nere, e le scanalature sono oscure dalla parte verso il rosso, sfumate da quella verso il violetto (tav. XXXVII, fig. 4). Questo quarto tipo raccoglie alcune stelle di piccola grandezza, e per lo più di colore quasi rosso.

Poche stelle producono spettri diversi dai quattro tipi descritti: sono spettri che hanno righe semplici isolate, che, al posto di alcune righe oscure degli spettri ordinarii, portano delle righe lucide, e che, volendo, potrebbero radunarsi in un quinto tipo a righe lucide.

17. Nella spettroscopia in generale i fatti seguenti paiono abbastanza dimostrati ed indubitabili.

I corpi semplici ad altissime temperature dànno uno spettro a righe strette, distinte, sottili; se ad altissime temperature, e inoltre sottoposti a forti pressioni, dànno nello spettro righe meno bene limitate e definite da amendue le parti.

I composti chimici dànno spettri di tutt'altra natura; gli ossidi, i cloruri, le differenti specie di idrogeno carbonato mostrano allo spettroscopio bande oscure, non uniformemente tali in tutta la loro superficie, ma sfumate, fosche cioè da uno dei lati e più chiare dall'altro.

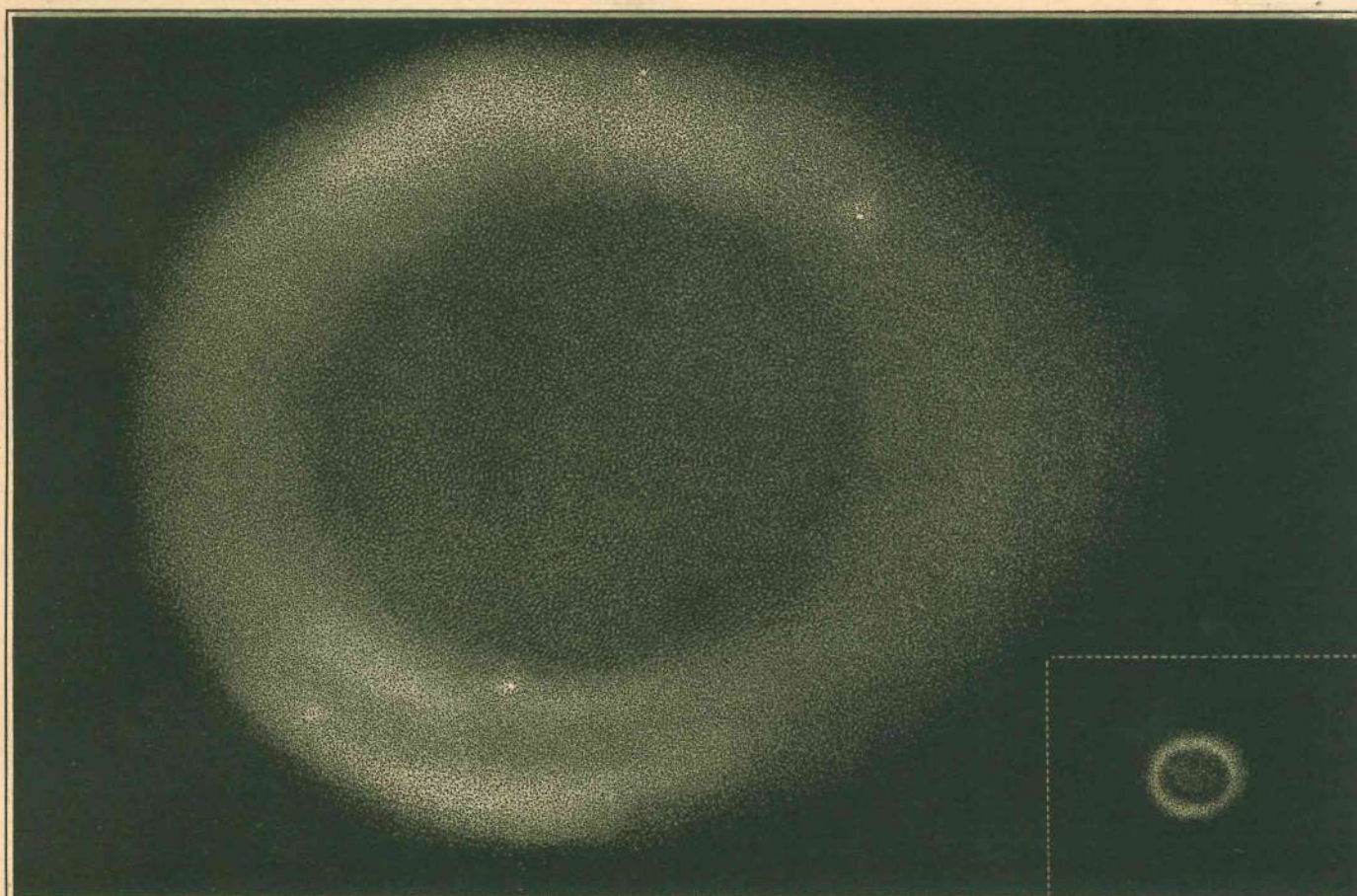
Gli spettri delle stelle offrono appunto questi diversi caratteri, ed è spontaneo il pensare, che la diversa temperatura e la conseguente diversa composizione chimica sieno le cause, che producono i diversi tipi di spettri stellari.

Esistono probabilmente stelle a temperatura elevatissima; i gas metallici esistenti nelle loro atmosfere esercitano sulla luce delle loro fotosfere un assorbimento minimo, e le righe oscure sono per conseguenza nei loro spettri o tenuissime, o affatto invisibili, o rovesciate qualche volta in lucide. Sono le stelle che dànno spettri del primo e del quinto tipo.

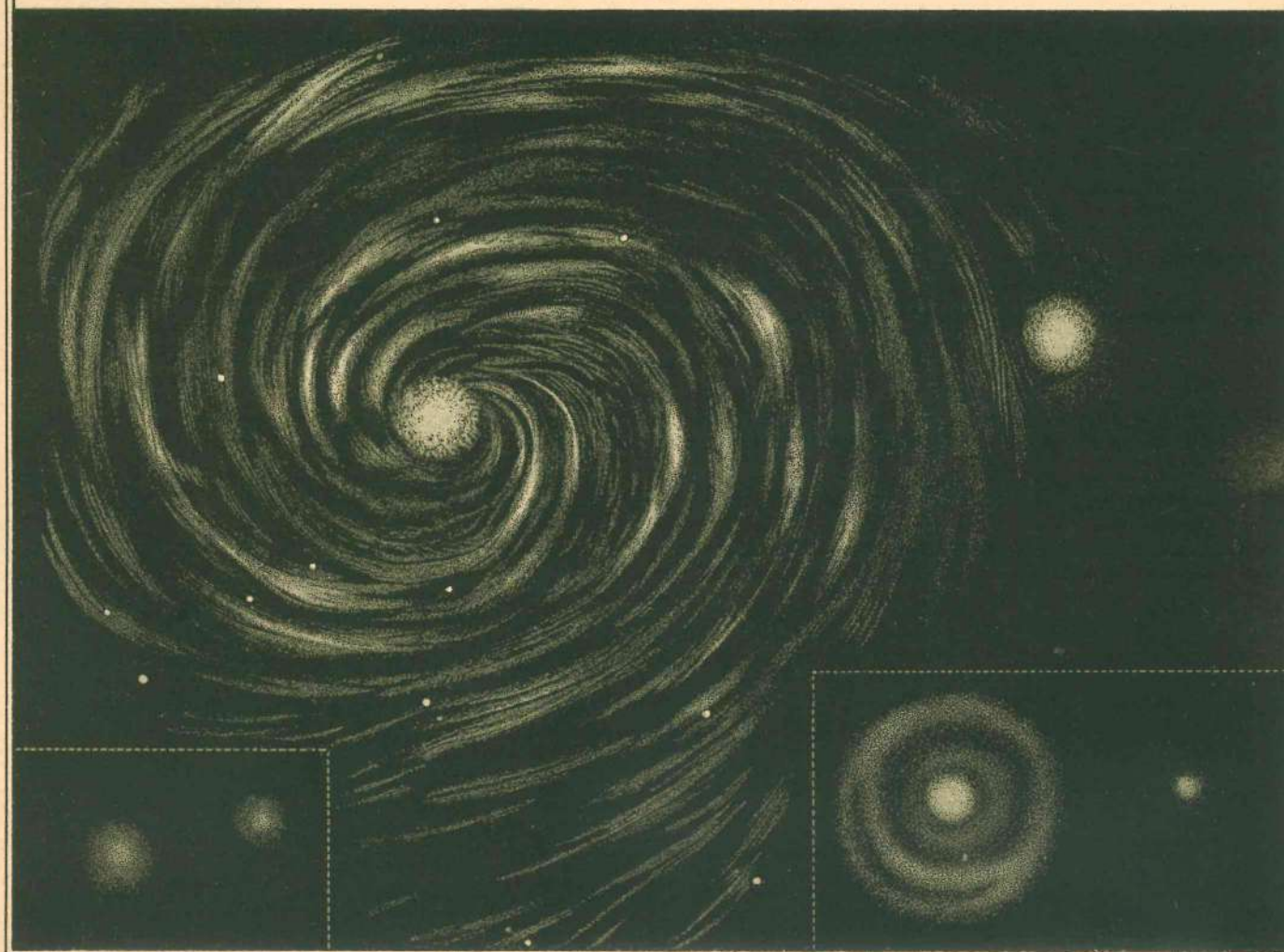
Esistono stelle a temperatura più bassa, ma ancora assai elevata; nelle loro atmosfere, così come in quella del Sole, possono esistere vapori metallici capaci di assorbire la luce della fotosfera, e la di cui facoltà assorbente è resa manifesta appunto dalle numerose righe oscure dello spettro. Sono le stelle che producono spettri del secondo tipo.

Esistono stelle a temperatura molto bassa, e bassa al punto che composti chimici possono generarsi e mantenersi nelle loro atmosfere, producendo un assorbimento forte e reso manifesto dalle scanalature oscure, passanti per sfumature da uno ad un altro grado di oscurità. Sono le stelle che producono gli spettri del terzo e del quarto tipo.

Alcuni, dai fatti e dai principii esposti, trassero la conseguenza, che le stelle passano per diverse fasi di svolgimento, contrassegnate ciascuna da un diverso grado di temperatura, e che esse sono astri i quali vanno successivamente perdendo di calore, predestinati tutti a spegnersi col tempo. È questo un ordine di idee, che ha per ora piccolo fondamento. Se esso fosse vero, gli spettri delle stelle dovrebbero incessantemente mutare e trasformarsi gli uni negli altri; dovrebbero fra essi esistere spettri di transizione, prodotti da stelle che stanno fra quelle di altissima e quelle di alta temperatura, fra queste e quelle di temperatura molto bassa. Nulla di tutto ciò si osserva, nè che il Sole e le stelle debbano necessariamente spegnersi è principio finora abbastanza dimostrato (cap. I, par. 12). Alcune recenti ricerche tendono anzi a far pensare, che tutti i corpi dell'universo sono o sono stati sciami di meteoriti; che le differenze presenti fra loro dipendono da differenze di temperatura, o da differenze di distanze reciproche dei meteoriti costituenti; che fra le stelle, alcune vanno crescendo di temperatura, altre diminuendo. Si tratta però di indagini ancora incomplete, di concetti che stanno ora appunto svolgendosi, e che qui basta avere accennati, poichè da nuovi e prolungati studi potrebbero venire profondamente modificati.

18. In ogni tempo la Via lattea attrasse l'attenzione degli uomini. Come una gran fascia si estende per tutto il firmamento; è press'a poco circolare; pel suo pallido color bianco-latteo-diffuso si distacca

Nebulosa annulare nella Lira.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Nebulosa a forma di spirale nei Cani da caccia.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Nebulosa di Orione.

dal fondo oscuro del cielo, e dalle stelle lucide o attigue o attraverso ad essa disseminate.

> . . . . . distinta da minori e maggi
> lumi biancheggia fra i poli del mondo
> Galassia sì che fa dubbiar ben saggi.

Il corso di questa Galassia o Via lattea attraverso alle costellazioni è abbastanza indicato dalle tavole XXVIII-XXIX e dalle XXXVIII-XXXIX. Da esse chiaro appare quanto l'occhio nudo nella Via lattea osserva: la non uniforme sua struttura apparente, il diverso splendore delle sue varie regioni, le ramificazioni sue, le regioni oscure che essa, quali isole, chiude qua e là all'ingiro.

Attraverso ad un cannocchiale mediocre, la Via lattea par formata da numerose stelle piccole, che si proiettano su un fondo bianco, pallido, diffuso, analogo a quello che vedesi ad occhio nudo.

Attraverso ad un secondo cannocchiale, più forte di quello appena usato, alcune regioni della Via lattea si risolvono interamente in moltissime stelline, altre, le più numerose, continuano ad apparire così come prima.

Attraverso ad un terzo cannocchiale, più forte del secondo, cresce il numero delle regioni che si risolvono in istelle, diminuisce quello delle regioni che presentano stelle proiettate su fondo bianco latteo.

Attraverso ad un ultimo cannocchiale potentissimo, anche alcune delle più ribelli regioni lattee si risolvono interamente in istelle, sicchè nasce la convinzione, che la risolubilità della Via lattea tutta in istelle non è che questione di forza di cannocchiale, e che la Via lattea deve il suo aspetto al gran numero di stelle disseminate nello spazio, che l'occhio proietta sulla zona del cielo da essa occupata.

Dalla Via lattea alle regioni affini vi è nel numero delle stelle visibili un salto brusco, non un passaggio lento e graduale. Guglielmo Herschel, errando di plaga in plaga coll'occhio armato di telescopio potente, ed enumerando le stelle comprese nel proprio campo di visione, trovò regioni del cielo con appena 3 o 4 stelle, ne trovò altre con perfino 588 stelle; queste cadevano nella Via lattea, quelle in punti lontani da essa circa 90 gradi, nella costellazione dei Cani da caccia e nelle attigue. Trovò, che a 15 gradi dalla Via lattea il numero delle stelle, contenute nel campo di visione del telescopio usato, era in media uguale a 56, che a 30 gradi era uguale a 17, che a 45 era uguale a 10, che fra i 60 e i 70 gradi non era già più che 6 o 4; trovò cosa degnissima di nota, che nella Via lattea il telescopio suo vedeva assai più stelle che non i cannocchiali minori, che a 80, 90 gradi da essa vedeva appunto lo stesso numero di stelle che questi.

Evidentemente la distribuzione apparente delle stelle in cielo non è uniforme; esse si addensano nella regione della Via lattea, diventano più e più rare quanto più si considerano regioni dalla Via lattea lontane.

19. Noi sulla Terra occupiamo un posto determinato dello spazio, poco diverso da quello occupato dal Sole. Le stelle, sospese nello spazio a grandi distanze fra loro, producono col loro insieme il firmamento, fenomeno maraviglioso, ma una pura apparenza, dipendente e dalla distribuzione reale delle stelle nello spazio, e dal punto di questo spazio dal quale noi la guardiamo.

Il cielo stellato, visto invece che dalla Terra o, ciò che in questo argomento torna tutt'uno, dal Sole, visto ripeto da un'altra stella, apparirebbe, pur restando invariata la distribuzione reale delle stelle, tutt'altra cosa, e tanto più diversa quanto più la stella, nuovo punto di vista, fosse lontana e dalla Terra e dal Sole.

Risalire dalla distribuzione apparente delle stelle alla loro distribuzione reale, è problema complesso ed indeterminato, in quantochè in esso trattasi di definire la struttura topografica del Sistema stellato secondo le sue tre dimensioni, partendo dalla prospettiva che se ne può prendere da un solo punto di veduta.

I cannocchiali rendono visibili gli oggetti lontani, avvicinandoli. Quanto più è forte un cannocchiale, tanto più lontani sono gli oggetti che esso può rendere visibili; quanto più è grande il cannocchiale che arma l'occhio di un uomo, tanto più questi vede lontano, tanto maggiore è la distanza a cui l'occhio suo si spinge nello spazio, tanto più lungi in questo spazio esso si sprofonda. Con cannocchiali di diversa grandezza l'occhio si spinge quindi a diverse distanze e profondità nello spazio universo, o, ciò che equivale, con essi si gettano nello spazio che ci circonda scandagli diversamente profondi.

Quanto più forte è un cannocchiale, tanto maggior numero di stelle si vede nella Via lattea, e non c'è cannocchiale tanto grande, che finora abbia viste tutte le stelle che nella Via lattea si proiettano. Ciò vuol dire, che, nella direzione della Via lattea, il maggior cannocchiale non spingesi nello spazio tanto lungi quanto sono distanti le stelle più lontane della Via stessa, e che, nella direzione da questa Via segnata, l'occhio umano non toccò ancora il confine delle stelle esistenti.

Nella direzione perpendicolare alla individuata dalla Via lattea, due cannocchiali grandi, ma di diametro molto diverso, vedono lo stesso numero di stelle. Ciò significa, che l'uno e l'altro si spingono alla distanza massima a cui, in questa direzione, ancora esistono stelle, e che, nella direzione stessa, l'occhio umano si spinge già oltre i confini dello spazio sparso di stelle.

La distribuzione apparente delle stelle è disuniforme (par. 18). Se noi ci trovassimo in un punto dello spazio attorno al quale, e in ogni direzione e ad ogni distanza, stelle fossero uniformemente distribuite, noi vedremmo il firmamento uniformemente sparso di stelle. Nè la Terra quindi si trova in un tal punto dello spazio, nè uniforme attorno alla Terra è la distribuzione delle stelle.

Le stelle si addensano nella Via lattea, sono rare verso i poli di essa (par. 18); nella direzione della Via lattea non riesciamo ancora a toccare il confine delle stelle esistenti, ci riesciamo nella direzione ad essa perpendicolare (par. presente). Ciò vuol dire, che noi, col Sole, apparteniamo ad un cumulo di stelle, il quale ha una dimensione relativamente limitata nella direzione perpendicolare alla Via lattea, e il quale nella direzione della Via stessa molto e molto si estende.

Nelle plaghe celesti che corrispondono ai poli della Via lattea, noi abbiamo scandagliato lo spazio assai oltre il confine del cumulo stellare a cui apparteniamo, e questo confine giace a nove volte circa la distanza delle ultime stelle visibili ad occhio nudo; nella direzione della Via lattea, il confine del nostro cumulo stellare ci rimane tuttora ignoto. Questo cumulo stellare ha quindi la forma di un grande disco larghissimo e sottile, o se vuolsi di una grande lente; noi, in esso immersi, proiettiamo necessariamente la più gran parte delle stelle in una stretta zona del cielo, Via lattea, determinata dal prolungamento all'infinito della maggior dimensione del disco o della lente, proiettiamo la minor parte delle stelle nelle regioni a destra e a sinistra di essa zona.

Se noi ci trovassimo nel piano centrale del cumulo stellare lenticolare a cui apparteniamo, noi vedremmo la Via lattea come un circolo massimo del cielo, come un circolo cioè che divide il cielo in due emisferi uguali. Questo non è; il Sole quindi, e noi con esso occupiamo una posizione eccentrica, siamo fuori del piano centrale, ma non molto fuori, poichè gran cosa diverse non sono le due calotte in cui la Via lattea divide il cielo.

Se noi ci trovassimo, oltrechè nel piano centrale, nel centro del nostro cumulo stellare, noi vedremmo di uguale o di poco diverso splendore le regioni celesti collocate simmetricamente rispetto alla posizione nostra, e pressochè ugualmente splendenti vedremmo le regioni della Via lattea, che cadono o nel piano centrale, o in un piano ad esso parallelo. Questo non essendo, vuol dire che noi non solo siamo fuori del piano centrale del cumulo stellare lenticolare a cui apparteniamo, ma che il posto da noi occupato, ove su questo piano si proiettasse, cadrebbe fuori del centro del cumulo; noi siamo immersi in questo cumulo stellare, e il Sole giace da una parte del piano centrale di esso, verso le costellazioni del Toro e di Orione, così come lo indica la figura intitolata Sistema delle fisse componenti la Via lattea, nella tavola XIV-XV.

20. L'emisfero australe del cielo è ricco di stelle brillanti. Ad esso appartengono già le nostre splendide costellazioni di Orione e del Cane maggiore, le quali con Canopo e le altre stelle di Argo, colle costellazioni della Croce del Sud, del Centauro, dello Scorpione, del Sagittario formano una striscia non interrotta di stelle lucide, e devono produrre quell'impressione vaga e viva, di cui son piene le descrizioni scritte alla vista del cielo australe. Due altre cose devono però contribuire ad una tal impressione, e sono le nubi di Magellano, e i sacchi di carbone i quali non hanno riscontro in tutto il cielo.

Attorno al posto australe si aggirano, portate dal moto diurno apparente della sfera celeste, e a diversa distanza da esso, due macchie isolate, solitarie, bianche, luminose, di apparenza analoga alle parti più splendide della Via lattea. Sono le nubi ora dette di Magellano, ma che altri prima di lui avevano rimarcate, e con diversi nomi, fra gli altri con quello di nubi del Capo, designate. Amendue sono visibili ad occhio nudo; di esse, la più piccola copre 10 gradi quadrati ed è abbozzata nella nostra tavola XXXVIII-XXXIX fra le costellazioni di Tucana e di Idro, la più grande, nella costellazione della Mensa (tavola stessa), misura 42 gradi quadrati, estensione pari a quella di alcune costellazioni. Non si attaccano fra di loro nè colla Via lattea per alcuna nebulosità percettibile; la minore è situata in una specie di deserto stellare; lo spazio occupato dalla maggiore è meno completamente vuoto di stelle; producono all'occhio nudo la stessa impressione che produrrebbero due porzioni staccate ed ugualmente ampie della Via lattea; nel plenilunio, la minore scompare affatto, la maggiore, riprodotta nella tavola XXXVI quale appare ad occhio nudo, perde solo parte considerevole del suo splendore.

Di contro alle nubi di Magellano, e chiuse all'ingiro dalla Via lattea assai splendente fanno strano contrasto due macchie che appaiono d'un nero cupo, che ebbero dai marinai il nome di sacchi di carbone, e che già sulla fine del secolo decimoquinto attrassero l'attenzione degli osservatori. L'uno dei sacchi è attiguo alla Croce del Sud, l'altro è nella costellazione del Compasso; quello nella Croce del Sud (tavola XXXVI) è il più imponente; misura apparentemente 8 gradi in lunghezza, 5 in larghezza, e in così vasto spazio incontrasi una sola stella visibile ad occhio nudo, sebbene ve ne sieno molte di telescopiche. Si suppone, che l'assenza di stelle e il contrasto della splendente Via lattea all'ingiro sieno le cause, per cui questa plaga di cielo par tanto oscura.

21. Vi sono in cielo piccoli gruppi di stelle, che già all'occhio nudo rivelano la loro costituzione. Vicino alla stella $\eta$ del Toro sta, ad esempio, il gruppo delle Pleiadi, il quale occupa apparentemente uno spazio minore di quello coperto dal disco lunare, e nel quale già l'occhio nudo distingue 7 stelle lucide. Vicino ad Aldebaran, $\alpha$ del Toro, sta il gruppo delle Iadi, di cui alcune stelle distinguonsi esse pure già ad occhio nudo. In questi gruppi o cumuli di stelle i cannocchiali riescono a vedere stelle numerosissime, e nelle Pleiadi, le stelle, visibili attraverso ad un gran cannocchiale, (tav. XXXI) salgono a più che 100.

Vi sono in cielo cumuli di stelle così strettamente aggruppate le une alle altre, che all'occhio nudo appaiono come nubi bianche e luminose, e cui mediocri cannocchiali risolvono distintamente nelle singole

Nebulosa di Andromeda.

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

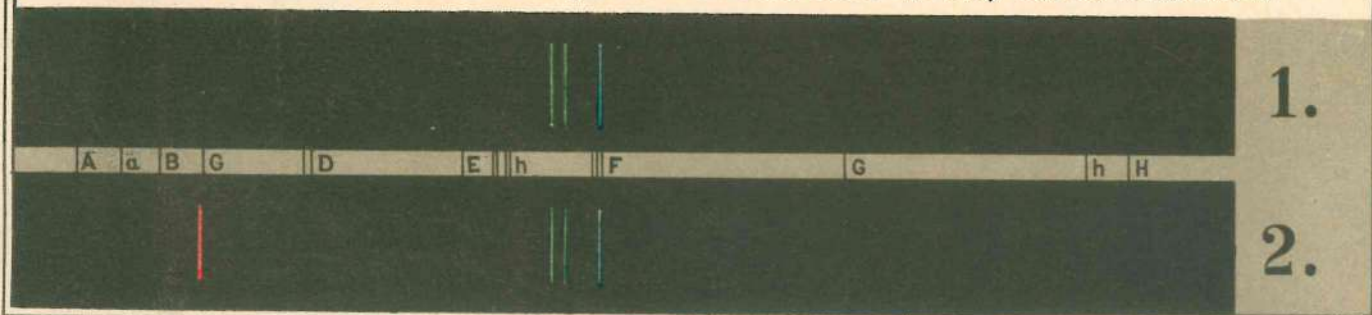
Nebulosa Cancro nel Toro.

Nube maggiore di Magellano vista ad occhio nudo.

Sacchi di carbone nella Via Lattea (costellazione della Croce del Sud) visti ad occhio nudo.

Spettri di nebulose.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

stelle onde sono composti. Tale è la macchia bianca Presepe (tav. XXXI) nella costellazione del Cancro, che con un buon cannocchiale da teatro già si risolve in 30 piccole stelle; tale è la macchia pallida nell'impugnatura di Perseo, vicino alla stella $\chi$, nella quale con un modesto cannocchiale si arriva presto a separare distintamente le singole stelle che la compongono.

Vi sono in cielo cumuli di stelle, e sono numerosissimi, che conservano aspetto nebuloso anche sotto cannocchiali di qualche forza, e che si risolvono in istelle solo attraverso a cannocchiali potentissimi. Il cumulo nella costellazione di Ercole in un cannocchiale mediocre (tav. XXXII) appar come una miscela di stelle e di nebulosità, in un cannocchiale forte si risolve (tav. XXXII) in stelline numerose come le arene del deserto. Il cumulo intorno alla stella $\varkappa$ della Croce resiste a molti cannocchiali, e solo sotto ad uno grande si risolve in istelle; presenta allora uno dei più vaghi spettacoli del cielo; le sue stelle più facilmente visibili salgono a 110; sono splendide e variamente colorate (tav. XXXI); appaiono nel loro insieme così leggiadre, che il cumulo loro si chiama Gemma per antonomasia. Nella costellazione del Toro v'è una nebulosità rimasta per lungo tempo irrisoluta, e che per ciò e per la sua forma va distinta universalmente col nome di nebulosa Cancro (tav. XXXVI). Essa è un cumulo di stelle; nella sua massa fortissimi cannocchiali vedono stelle letteralmente innumerevoli; dalla sua massa partono filamenti debolmente luminosi, e finora non risolti in istelle.

Sui cumuli stellari si fondarono tutte le speculazioni intorno alla distribuzione della materia nei Sistemi siderei. È difficile ammettere, che un dato cumulo sia l'effetto di una casuale proiezione prospettica; è difficile non ammettere, che le stelle di ogni cumulo formino un vero e speciale sistema fisico. È facile sopra questi principii immaginare un vasto Sistema sidereo.

I piccoli cumuli, visibili ad occhio nudo o facilmente risolubili, sono sistemi speciali di stelle, analoghi ai sistemi multipli, e, come questi, parte integrante del grande Sistema stellare, al quale il Sole appartiene e che forma la Via lattea.

Il grande Sistema della Via lattea, veduto da un punto cosmico lontano e convenientemente situato, non può apparir altro che come un grande cumulo di stelle. I grandi cumuli, di cui le stelle sono innumerevoli, non sono che altrettante Vie lattee dello spazio cosmico, viste in iscorcio.

Ogni Via lattea è un grande Sistema stellare, complesso e formato di innumerevoli sistemi stellari minori, e di ancor più innumerevoli sistemi planetarii.

Le Vie lattee diverse formano un Sistema sidereo d'ordine superiore e infinitamente vasto.

È questo tutto un ordine di idee verosimili, le quali però, più che alla scienza, appartengono ancora al regno sconfinato delle opinioni.

22. Dai cumuli stellari vanno essenzialmente distinte le nebulose. Anche queste appaiono come masse di materia cosmica, di color pallido, bianchiccio, simile a quello della Via lattea; anch'esse quasi nuvolette (nebulose) rompono l'oscurità del cielo, ma hanno questo di caratteristico, che sotto nessun cannocchiale si risolvono in stelle.

La costituzione delle nebulose, rimasta per lungo tempo un enigma, fu rivelata dallo spettroscopio. Il loro spettro è quello dei gas luminosi, ed è formato da 3 o da 4 righe lucide (tavola XXXVI, fig. 1 e 2), dimostranti che l'idrogeno è uno dei componenti loro principali. Le nebulose sono in uno stato fisico totalmente diverso da quello delle stelle e del Sole. Le stelle sono in istato di incandescenza, emettono raggi d'ogni specie, e solo una parte di questi è assorbita dalle loro atmosfere. Nelle nebulose la materia è in uno stato di mera combinazione chimica, così com'è nelle nostre fiamme, ed emette per conseguenza raggi di una o pochissime qualità.

23. Vi sono regioni del cielo specialmente ricche di nebulose; altre ne mancano interamente. Nella regione dove si radunano lo Scudo di Sobieski, il Sagittario e lo Scorpione, nella Vergine, in Andromeda ed in Orione s'incontrano le nebulose più splendide e le più grandi.

Al di sopra della stella $\beta$ di Andromeda, verso il polo, v'è la nebulosa rappresentata dalla tav. XXXV così come appare nei forti cannocchiali. Ha forma ovale, tre regioni più splendenti, e, vicino ad una di queste, due righe nere. Le tre regioni più brillanti sono quelle che appaiono isolate e separate nei cannocchiali piccoli, e provengono da ciò che in esse noi proiettiamo maggior massa di materia nebulare. Le stelline, ond'è disseminata, pare non appartengano alla massa della nebulosa, ma solo sovr'essa si proiettino.

Sotto alle tre stelle splendide $\zeta$, $\varepsilon$, $\delta$, formanti la cintura di Orione, v'è una delle più strane e grandi nebulose. Meglio è rinunziare a descriverla. La sua struttura è così irregolare e complessa, che disegni diversi di essa fatti a mano e con cannocchiali diversi appena lontanamente si rassomigliano. La tavola XXXIV riproduce il disegno fattone da lord Rosse con un telescopio potente due volte e più quello di Herschel; caratteristici sono in questo disegno quei fiocchi di luce viva, separati da venature nere.

Le stelle principali delle Pleiadi hanno ciascuna un nome proprio (tav. XXXI). Attorno a Merope (tav. XXXI, num. 4) si sviluppa una nebulosa brillante a forma di largo ventaglio; intorno a Maia (num. 6) un altro piccolo e meno lucido ventaglio nebuloso si svolge; l'intero cumulo delle Pleiadi è avvolto da una tenue massa nebulosa, di cui dapprima si videro solo le parti più brillanti, e che nei forti cannocchiali di oggigiorno appare così com'è disegnata nell'annessa tavola.

24. La diversa costituzione delle nebulose e delle

stelle ha da tempo fatto pensare, che le nebulose sieno comparativamente più vicine al nostro Sistema che non le stelle. Se ciò fosse, le nebulose dovrebbero avere parallassi annue (parag. 10) più grandi che le stellari, e più facilmente osservabili. Finora a questo proposito le osservazioni poco dicono: la nebulosa del Dragone, numero 37 del quarto Catalogo di Herschel, pare abbia difatto una grande parallasse, ma altrettanto finora non può affermarsi di altre nebulose.

Più recise affermazioni permettono le osservazioni sulle nebulose di splendore variabile. Della variabilità della nebulosa di Tuttle nel Dragone oramai non si può più dubitare; alle nebulose variabili appartiene certamente quella che si svolge intorno alla stella $\eta$ di Argo, e che la tavola XXXVII riproduce quale è vista in un forte cannocchiale.

25. Le nebulose del cielo si presentano sotto tutte le forme, dalla circolare all'ellittica alla più irregolare e fantastica, sotto tutte le grandezze, da alcuni gradi di diametro apparente fino a pochi secondi. Vi è la nebulosa *semplice*, che come una nebbia cosmica di forma e di splendore irregolare si proietta sul fondo del cielo (tav. XXXII); v'è la nebulosa *multipla*, o meglio formata da un gruppo di nebulose piccole, isolate e separate (tav. XXXII); v'è la nebulosa *planetaria* di forma regolare e di splendore uniforme, quale la nebulosa del Sagittario disegnata nella tav. XXXII, e che in piccoli cannocchiali somiglia al pianeta Giove visto attraverso a tenue nebbia; vi sono le nebulose *annulari*, che hanno colle planetarie qualche affinità, e fra le quali tipica è la nebulosa nella Lira, rappresentata dalla tavola XXXIII così come in piccolo si vede con un cannocchiale mediocre, e come in tutti i suoi dettagli con un cannocchiale grande; vi sono le nebulose *stellari semplici* (tav. XXXII) che dal contorno verso il mezzo vanno aumentando di luce, e che talora mostrano nel mezzo un nucleo d'aspetto stellare; vi sono le nebulose *stellari multiple* con entro la loro massa, e in posizioni talora dissimmetriche rispetto al mezzo, più punti di condensazione luminosa (tav. XXXII), o più nuclei stellari; v'è la nebulosa a *ventaglio* con al vertice un nucleo nella più gran parte dei casi stellare (tav. XXXII); vi sono le nebulose *fusiformi*, abbastanza numerose, e di struttura in generale complessa. La tavola XXXII rappresenta due di queste nebulose, ciascuna sotto due aspetti, secondochè si vede in un mediocre o in un forte cannocchiale. Vi sono *fusiformi multiple* formate da due, perfino da cinque nebulose minori, variamente inclinate le une rispetto alle altre, e tutte fusiformi; attraverso ad un cannocchiale potente, la fusiforme qualche volta si cambia in nebulosa a forma di *spirale*, analoga a quella nei Cani da caccia riprodotta dalla tav. XXXIII. Ivi di questa interessante nebulosa sono dati tre disegni, corrispondenti a tempi ed a cannocchiali diversi. Dapprima la si disegnò come formata da due nebulose isolate di diversa grandezza; poi la maggiore delle due fu vista come circondata da anelli diversi; finalmente la maggiore stessa, sotto ai potenti cannocchiali d'oggi, rivelò la sua struttura spirale.

Non pare che tutte queste forme diverse di nebulose sieno permanenti, ma le variazioni loro non poterono finora essere messe in evidenza incontrastabile dai disegni fatti a mano; lo saranno probabilmente dalle fotografie loro, ricche di dettagli, che la sensibilità straordinaria delle lastre, preparate con gelatina bromuro d'argento, permette ora di eseguire.

Molto si è pensato e scritto intorno a queste nebulose, ma un'ipotesi che tutte le spieghi, appaiano desse sferiche o irregolari o spiriformi, non si ha.

L'ipotesi, che meglio delle altre raggiunge questo scopo, è la recente ipotesi meteorica (parag. 17). Secondo essa, le nebulose, così come tutti i corpi dell'universo, sono sciami di meteoriti; i meteoriti non sono per sè medesimi luminosi, e lo diventano solo in grazia di urti e collisioni reciproche; i meteoriti vanno per l'universo a sciami, e la luce, che irradia da essi direttamente o dall'ardere dei gas da essi prodotti, può provenire solo da quelle parti dello sciame meteorico in cui avvengono collisioni; basta ammettere uno sciame in cui i meteoriti si rivolgano in orbite chiuse attorno ad un centro di gravità, e tutte le forme note di nebulose vengono ad essere spiegate.

Sventuratamente vi sono negli urti e nelle collisioni di meteoriti, negli svolgimenti di calore, di vapori, di gas, sui quali quest'ipotesi meteorica riposa, questioni ardue di meccanica, di fisica, di chimica finora insolute, e che potrebbero rendere inverosimile, forse impossibile, l'ipotesi stessa.

Nebulosa intorno a $\eta$ di Argo.



Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

Tipi principali di spettri stellari.

Atlante Astronomico.

Cielo

Ulrico Hoepli, Editore in Milano.

australe.